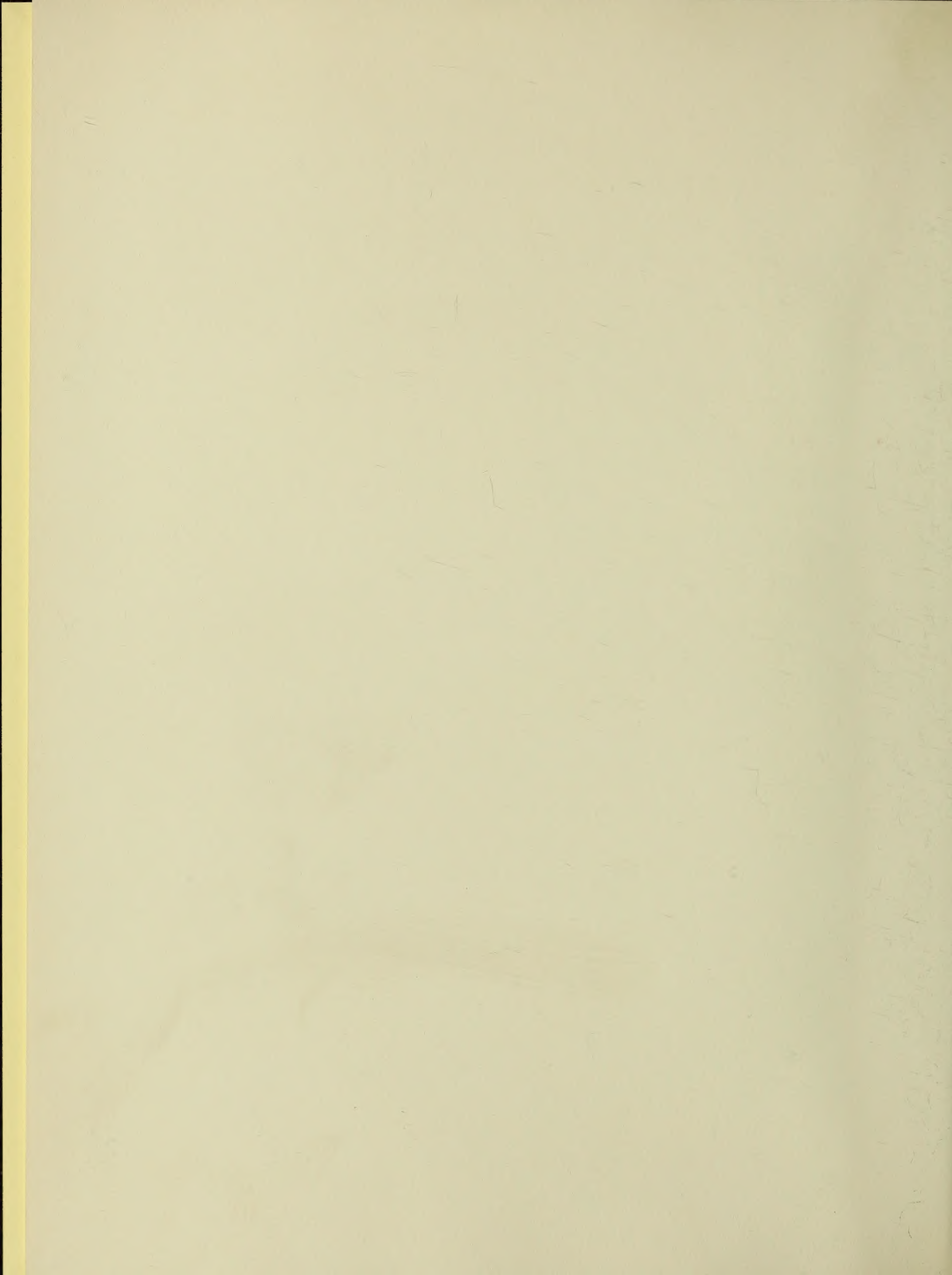
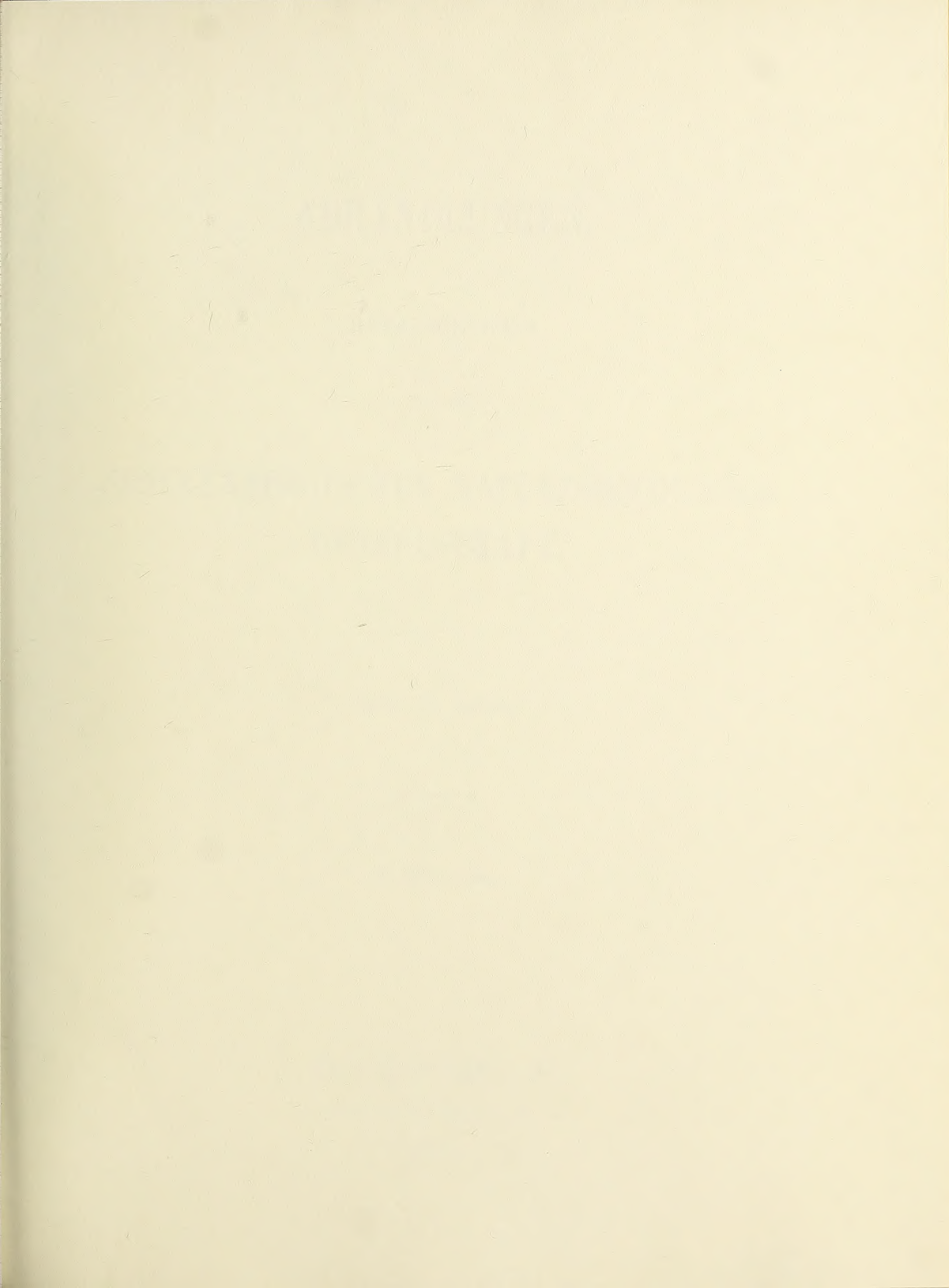
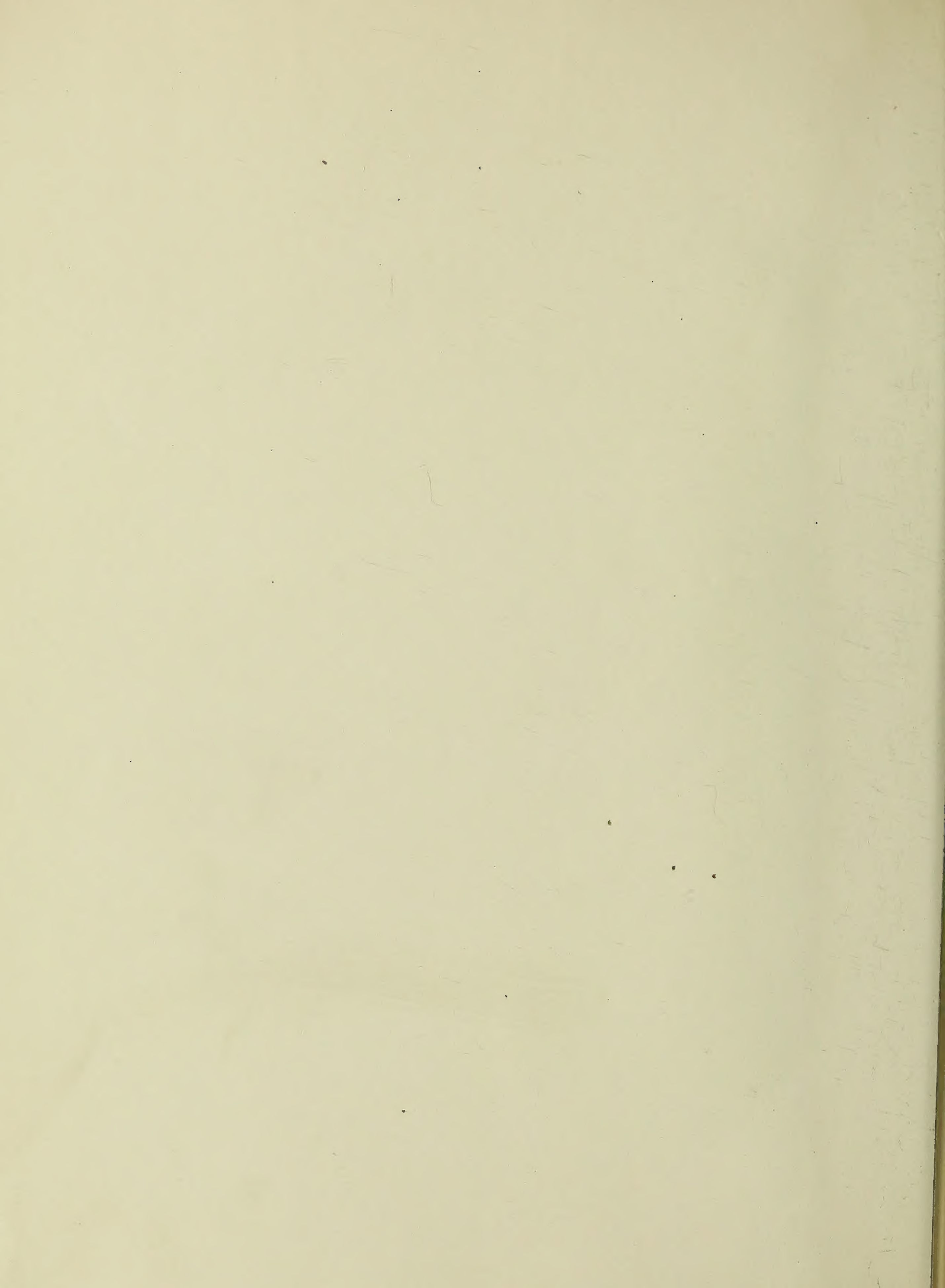










ABHANDLUNGEN,

HERAUSGEGEBEN

VON DER

SENCKENBERGISCHEN NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT.

ZEHNTER BAND.

Mit XXXXI Tafeln.

FRANKFURT A. M.

CHRISTIAN WINTER.

1876.


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.

Inhalt.

ABHANDLUNGEN,

HERAUSGEGEBEN

VON DER

SENCKENBERGISCHEN NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT.

ZEHNTER BAND.

ERSTES UND ZWEITES HEFT.

Mit XXVI Tafeln.



FRANKFURT A. M.

CHRISTIAN WINTER.

1876.






Am 10. Juli 1874 ist

Dr. Friedrich Hessenberg,

64 Jahre alt, nach kurzer Krankheit gestorben. Unter seinen Papieren fanden sich die hier nachfolgenden mineralogischen Arbeiten über den Ytterspath aus Tavetsch, den Binnit aus dem Binnenthale, Kalkspath vom Rödefiord und Kalkspath von Andreasberg. Die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft hat sich mit Liebe der Herausgabe dieser Arbeiten unterzogen; sie sollten ein letztes Zeugniss geben von den Bestrebungen eines ihrer ausgezeichnetsten Mitglieder. Abgesehen von einem kleineren, früheren Aufsatze über das Quecksilberhornerz, bilden sie das 12. Heft (11. Fortsetzung) der »Mineralogischen Notizen« des Verstorbenen. Die Beobachtungen welche in diesen Schriften niedergelegt sind, werden in der Wissenschaft für alle Zeiten Geltung behalten, wie das Andenken an den Geschiedenen in den Herzen seiner Freunde!

Im November 1874.

Dr. **F. Scharff.**

Mineralogische Notizen

von

Friedrich Hessenberg

No. 12.

(Elfte Fortsetzung.)

Mit 3 Tafeln.

Ytterspath aus Tavetsch.

Das auf Klüften des Feldspathgesteins der Fibbia am Gotthard als Seltenheit auftretende, zirkonähnliche, erst seit 1866 als Ytterspath (Xenotim) entlarvte Mineral ist schon seit mehr denn 30 Jahren durch Beobachtungen einer Reihe von Forschern (Lardy, Wiser, Soret, vom Rath, Kenngott, Wartha) bekannt und erst kürzlich wieder durch treffliche Arbeiten von Brezina (Min. Mitth. gesammelt v. Tschermak 1872, Heft 1) und C. Klein (Jahrb. f. M. 1872, S. 900 u. f.) in frische Erinnerung gebracht worden. Gegenwärtig durch eine verwandte neue Beobachtung abermals auf diesen Gegenstand geführt, werde ich zwar eine Mittheilung darüber nicht zurückhalten, die Wiederholung von bereits Bekanntem jedoch möglichst vermeiden, soweit es der übersichtliche Zusammenhang erlaubt.

Ich kann mich dabei um so kürzer fassen, als Brezina und Klein mit directer Hinweisung auf die Quellen alles Wünschbare beigebracht haben, was zur Geschichte und Literatur des Gotthardter Ytterspaths oder sogenannten Wiserins gehört.

Es hat sich unter Beziehung auf die genannten neuesten Erörterungen als Endergebniss herausgestellt, dass bis jetzt der Ytterspath in der Schweiz nur von dem einzigen Fundort, der Fibbia, und nur in der einfachen Combination P. ∞P beobachtet worden ist. Denn diejenigen flächenreichen Binnenthaler Krystalle, welche für Wiserin von einer besonderen Ausbildungsweise gehalten worden waren, haben sich durch Dr. Carl Klein's scharfsinnigen Nachweis als etwas ganz Anderes, nämlich als Anatas, zweifellos herausgestellt.

G. vom Rath's Messungen hatten schon früher gezeigt (Pogg. Ann. 1864, Bd. 123, S. 187), dass zwar das beobachtete Mineral nicht blos nach der Augenschätzung, sondern auch in den Kantenwerthen dem Zirkon wirklich ziemlich nahe stehe, immerhin aber nach seinen Grundwerthen keineswegs mit ihm identisch, sondern nicht unerheblich verschieden sei. Beim Zirkon ist die Seitenkante = 84° 20′; beim Wiserin fand sie vom Rath = 82° 22′. Indessen vermochte diese Differenz für sich allein noch keinen genügenden Fingerzeig auf die eigentliche Natur des Minerals zu gewähren, und erst V. Wartha's treffliche chemische Analyse (Pogg. Ann. 1866, S. 166) bewies, dass der durch Kenngott sogenannte Wiserin weder einen der Bestandtheile des Zirkons enthielt, noch eine Spur von Titansäure bot, dagegen in Schwefelsäure löslich und identisch sei mit dem von Berzelius schon 1825 (Pogg. Ann. Band 3, S. 203 und Bd. 60, S. 591) erforschten und benannten Ytterspath, der phosphorsauren Yttererde, $\dot{Y}^3\dddot{P}$, diesem später (1832) durch Beudant: Xenotim genannten Minerale, dessen schönste Varietät, wie Naumann sagt (Elem. d. Min. 1871, S. 253), der Wiserin repräsentirt.

An jenem seit 1825 durch Berzelius bekannt gewordenen nordischen Ytterspath waren andere als sehr ungefähre Messungsergebnisse nie erhalten worden, weil das Mineral sich immer nur halb verwittert, seine Flächen sich nur unvollkommen gebildet und matt vorfanden. Ueber seine quadratische Natur war nie ein Zweifel, da sich in diesem Sinn oft modellgleiche Krystalle herauslösen liessen, aber das Beobachtungsmaterial war doch während längerer Zeit so mangelhaft, dass die früheren Beobachter, bis zum Jahr 1850 hin, für die Mittelkanten von P ca. 90° fanden, ein starker Fehlgriff! Von da an (cf. Naumann's Elem. d. Min., Aufl. II, 1850) findet man 82° dafür angegeben, hierauf aber von E. Zschau dieses Maass wieder auf ca. 84° gesetzt (Jahrb. d. Min. 1855, S. 521). Von diesem Forscher wurde ausser P und ∞P als Seltenheit eine ditetragonale Pyramide beobachtet (l. c. S. 525), welche aber erst in neuester Zeit durch Brezina als 3P3, eine auch am Zirkon und zwar sehr gewöhnlich auftretende Form

bestimmt worden ist (l. c. S. 15 und 16), und zwar an einem Krystall von Hitteroe von der ungewöhnlichen Grösse eines halben Zolls. Es scheint übrigens, dass auch dieser Krystall nicht zu genauen Messungen geeignet war, nach dem Wenigen, was Brezina darüber mittheilt. Er erwähnt zwei stark differirende Messungen:

3P3 : P = 150° 21′, Refl. Gon.

» » = 150°, Anlegegon.

In welcher Weise er daraus die Axe. a : c = 1 : 0,6201 und die Kante 3P3 : P = 150° 6′ berechnete, ist mir nicht ersichtlich. Die Mittelkante von P müsste sich bei jenen Parametern = 82° 29′ 56″ ergeben.

Da offenbar das nordische, grösser, aber unvollkommen krystallisirende Material zu feinen Messungen untauglich ist, so darf man um so grösseres Gewicht auf die Resultate legen, welche sich an den Gotthardter Ytterspath- Krystallen gewinnen lassen, an deren einem G. vom Rath die Polkante = 124° 30′ maass, woraus folgt Mittelkante = 82° 22′.

Die weitere Entdeckung eines schönen, glänzend krystallisirten, vollkommen gut messbaren Schweizer Ytterspath- (Wiserin-) Krystalls, zugleich von reicherer Combination als die bisherigen und von anderem, neuem Fundort ist unter jenen Umständen willkommen gewesen und ich komme nun zu meiner eigentlichen Aufgabe, über diesen seltenen Fund eine kurze Mittheilung zu geben, indem ich zunächst die Gestalt des betreffenden Krystalls in Fig. 1 vorführe als Combination

P. ∞P. 3P3.

Das Stüfchen (in meinem Besitz) wurde vor einigen Jahren bei dem inzwischen in Ausübung seines gefährlichen Berufs in bedauernswerther Weise in der Val Cornera verunglückten bekannten Mineraliensuchers Caveng in Sedrun erkauft, wobei derselbe den aufgewachsenen kleinen Krystall für Turnerit hielt. Das Stück stammt unzweifelhaft aus der näheren Umgebung von Sedrun, nach der mir gütigst mitgetheilten Ansicht des Herrn Dr. Karl von Fritsch, eines genauen Kenners der dortigen mineralogischen Verhältnisse, entweder von dem bekannten Mineralienfundort bei der Sta. Brida-Kapelle an der Strasse zwischen Ruèras und Selva (cf. Excursionskarte des Schweizer Alpenclubs für 1871), oder möglicherweise auch aus der Val Cornera, Beides Oertlichkeiten, welche bekanntlich in das Suchgebiet Caveng's fielen; keinesfalls aber von der Fibbia, dem Fundort der bisher bekannten Wiserinkrystalle, eine Vermuthung, welche in der sofort auffallenden Verschiedenheit des Habitus, der Combination und des Muttergesteins bei Vergleichung mit dortigen Krystallen eine Stütze findet.

Unser Krystall ist nur 1 Mm. gross, aber sehr schön glänzend, braungelb, durchsichtig, einem faserigschiefrigen, scharf anzufühlenden, fälschlich oft sogenannten Talkgneis aufgewachsen, im umgebenden kleinen Hohlraum begleitet von kleinen Adularen und einigen kleinen Antheilen eines dem Gneis eingewachsenen schwarzen Minerals, nach allem Anschein Orthit, bekanntlich auch ein steter Begleiter des nordischen Ytterspaths. Es glückte mir, ein Stückchen des Gneises ohne Abtrennung des Krystallchens loszulösen und da dieses ziemlich frei auf scharfer Gesteinskante aufsitzt, es in dieser Verfassung conservirt zu messen.

Die drei Theilgestalten P, 3P3 und ∞P sind so im Gleichgewicht, dass keine derselben vorherrscht, wodurch der schöne, kugelartige Habitus erzeugt wird, welchen Fig. 1 erkennen lässt. Die Form 3P3, für den Zirkon sehr gewöhnlich, für den Ytterspath von Hitteroe eine Seltenheit und erst kürzlich, wie oben erwähnt, von Brezina bestimmt, ist an jenen anderen, von der Fibbia herstammenden Krystallen bisher nie beobachtet worden, daher für die Schweiz neu und für den Ytterspath des neuen auf der Ostseite des Gotthardt-Gebirges im Tavetsch gelegenen Fundorts auszeichnend.

Zwei am schönsten spiegelnde P Flächen des Krystalls sind diagonal zu einander gelegen, also, dass sie sich nicht in einer Polkante, sondern nur in der Polecke berühren. An ihnen fand ich nach mehrfacher Einstellung:

$$P : P = 97^0\ 51'$$

und habe dieses Resultat als Grundwerth beibehalten. G. vom Rath fand hierfür 97° 36′. Da er aber anführt, die Flächen des von ihm beobachteten Krystalls hätten »ziemlich genaue« Messungen erlaubt, die erwähnten Flächen des unsrigen hingegen an vortrefflicher Spiegelung gar nichts zu wünschen lassen, so möchte vielleicht die Messung an letzterem für die begünstigtere zu halten sein, obgleich unser Krystall nicht mit ganz ungestörter Regelmässigkeit gebildet ist, wie die nachstehenden Messungen der 4 Polkanten beweisen. Bei genauer Betrachtung unter der Lupe gewahrt man auch, dass der Krystall eigentlich aus zwei ungefähren Hälften besteht, welche nicht ganz vollkommen parallel an einander gewachsen sind, sich daher zu einem etwas verschobenen Gesammtkörper vereinigt haben. Die untenstehenden Messungen sind zwar ausschliesslich der einen, besser gebildeten und räumlich etwas überwiegenden Hälfte entnommen, bestätigen aber doch, dass dieser Theil des Krystalls auch in sich selbst nicht völlig ungestört symmetrisch ausgefallen ist.

Aus der Annahme von P : P über 0P = 97° 51′ folgen weiter:

$$\text{Nebenaxe} : \text{Hauptaxe} = 1 : 0{,}6163053$$

$$\text{oder} = 1{,}622572 : 1$$

P : P Polkante	= 124° 37′ 52″,	gem. 124° 46′ [1])
P : P Mittelkante	= 82° 9′	
P : ∞P	= 131° 4′ 30″	» 131° 21′ [2])
P : 3P3	= 150° 6′ 48″	» 150° 8′; 150° 2′
		150° 17′; 150° 0′
3P3 : 3P3 primäre Polkante X .	= 147° 19′ 4″	» 147° 18′; 147° 26′
3P3 : 3P3 secundäre » Y .	= 133° 6′ 24″	
3P3 : 3P3 Mittelcante Z .	= 125° 40′ 30″	
3P3 : 3P3 über ∞P	= 105° 27′ 31″	
3P3 : ∞P	= 142° 43′ 45″	
3P3 : 3P3 über ∞P∞ (nicht auftr.	= 115° 8′ 32″	
3P3 : ∞P∞	= 147° 34′ 16″	

Die längst erkannte, so lange dauernde, Täuschungen über die Natur des Wiserin veranlassende Thatsache einer angenäherten Formenübereinstimmung mit dem Zirkon wird durch obige Messungen natürlich nicht erschüttert. Ein wirklicher, verwandtschaftlicher Isomorphismus zwischen ZrO^2. SiO^2 und YO^4. $P^2 O^5$ ist zwar ein kaum zu erklärendes Verhältniss, dessen Thatsächlichkeit indess doch eine bleibende Stütze besitzt durch die Betrachtung jener merkwürdigen, auf Hitteroe von Tschau vielfach beobachteten a. a. O. S. 521 von ihm beschriebenen und abgebildeten, von da auch in Dana's Mineralogie S. 529 aufgenommenen, parallelen Verwachsung des Ytterspaths mit dem Malakon, diesem Umwandlungsproduct des Zirkons.

---

[1]) Gemessen: $111 : \bar{1}11 = 124° 30'$
$\bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1 = 124° 41'$
$\bar{1}\bar{1}1 : 1\bar{1}1 = 124° 55'$
$1\bar{1}1 : 111 = 124° 58'$
Mittel = 124° 46′

G. vom Rath's Messung hatte 124° 30′ ergeben.

[2]) Die Fläche ∞P lieferte kein scharfes Bild.

Binnit von Imfeld im Binnenthal.

Literatur.

A. Damour, Annales de chimie & de physique, XIV. 379.
W. Sartorius von Waltershausen, 1855, Pogg. Ann. 94, 117.
J. C. Heusser, 1856, Pogg. Ann. 97, 117.
A. des Cloizeaux, Annales des mines, VIII, 393.
W. Sartorius von Waltershausen, 1857, Pogg. Ann. 100, 537.
A. Kenngott, Uebers. d. Resultate min. Forschgn. in 1856 und 1857, p. 173.
A. Kenngott, Die Minerale der Schweiz, p. 378.
G. vom Rath, Pogg. Ann. 122, 371, 397.
A. Schrauf, Atlas der Krystallformen d. Mineralreichs, Lief. IV, Artikel Binnit.

In Gesellschaft verschiedener anderer grauer, aber orthorhombisch krystallisirender Schwefelerze findet sich bekanntlich die dem Enargit nahestehende Verbindung $\acute{C}u^3 \ddot{A}s_2$ in Formen des regulären Systems im Dolomit des Binnenthals als ein bis jetzt stets sehr selten gebliebenes Mineral, für welches Des Cloizeaux, vom Rath, Schrauf, Dana den Namen Binnit, dagegen Sartorius von Waltershausen, Heusser, Kenngott, Naumann den Namen Dufrenoysit behauptet haben, beiderseits mit guten Gründen, zwischen welchen sich zu entscheiden schwierig ist. Damour ist der erste Entdecker, da er das Mineral zuerst krystallographisch erkannte, welches allerdings erst hernach von Waltershausen chemisch feststellte. Aber eben Damour selbst wünschte hierauf den Namen Dufrenoysit auf das von ihm analysirte, orthorhombische Mineral bezogen (vergl. Pogg. Ann. 100, 538), wonach dem isometrischen der Name Binnit verblieb. Doch vermeine ich durchaus nicht zu präjudiciren, wenn ich mir erlaube, mich im Sinne dieser Entscheidung für das isometrische Mineral des, auch wegen seiner Kürze bequemeren Namens Binnit in der folgenden Besprechung zu bedienen.

Mannigfaltige schätzbare Belehrungen über das geognostische Auftreten, die Vergesellschaftung, die physikalischen Eigenschaften des Minerals finden sich in den oben angeführten Schriften. Deshalb beschränke ich mich hier darauf, einige eigenthümliche auszeichnende Eigenschaften zu besprechen, welche sich bei der Untersuchung eines in meinen Besitz gekommenen, besonders reichgestalteten Krystalls ergeben haben. Dieser, wie gewöhnlich tief

schwarzgraue Binnitkrystall fand sich auch hier wieder dem bekannten zuckerkörnigen Dolomit aufsitzend, aber nicht blos wie gewöhnlich ganz isolirt im Muttergestein, wie es schon von Waltershausen gewöhnlich fand (Pogg. Ann. 94, p. 119), sondern in Berührung mit Zinkblende und Bleiglanz, letzteres ein überraschender Umstand, da Bleiglanz unter den Mineralien des Binnenthals bisher nicht beobachtet gewesen war, wenigstens nirgends erwähnt worden ist.

Ich habe die an der Stufe befindliche Gruppe der erwähnten Mineralien vorher, ehe ich mich entschloss, den zum Theil überdeckten Binnitkrystall wegen der Messung zu entblössen und abzulösen, abgezeichnet und in Figur 2 möglichst natürlich in ungefähr fünfmaliger Vergrösserung wiedergegeben. Zur linken Seite unterscheidet man den verhältnissmässig grossen Bleiglanzkrystall als O. $\infty O \infty$ deutlich. Er ist in Wirklichkeit mit abgerundeten Kanten, aber glatten, spiegelnden Flächen gebildet und reichlich 6 Mm. gross. Er setzt sich in der Fig. 2 nach rechts fort bis über die Mitte der Zeichnung, woselbst dann zunächst rechts der Binnitkrystall unmittelbar an ihn anstösst. Von seinen Krystallen aus sendet der Bleiglanz noch einige Ausläufer in das unterliegende, zuckerkörnige Gestein, überall unterscheidbar durch seine leicht zu erhaltenden glänzenden, hexaëdrischen Spaltflächen. Aufwärts in der Mitte der Zeichnung befindet sich kleindrusig auskrystallisirter Dolomit, in Vertiefungen des Bleiglanzkrystalles wie eingesenkt, den Binnit dagegen zwar zum Theil überdeckend, aber nicht störend. Der Bleiglanz und der Binnit verhinderten sich gegenseitig an ihrem weiteren Fortwachsen. In Fig. 2 ganz rechts unterscheidet man einige Zinkblendekrystalle, Zwillinge des Octaëders.

Der Binnitkrystall, 2,5 Mm. gross, zeigt sich bedeckt von zahlreichen, schön spiegelnden, buntfarbigen Flächen, durchaus scharfkantig, nicht so wie nach Kenngott andere Binnitkrystalle beobachtet wurden, wie abgeschmolzen, gerundet. Zumal bei seiner nur theilweisen Entblössung erschien er für die blose Augenschätzung als ein unlösbares Räthsel, ja es war unmöglich, sich auch nur über seinen tesseralen Charakter zu vergewissern. Er ist in solchem Grad und so eigenthümlich verzerrt, dass man viel lieber auf Jordanit oder eines der anderen dortigen grauen rhombischen Erze schliessen mochte, als auf isometrischen Binnit. Erst nachdem er herabgenommen war und der Zusammenhang seiner zahlreichen Flächen nach allen Seiten hin messend ermittelt, war es möglich, den merkwürdigen Krystall zu entziffern. Unsere Figuren 3, 6, 7 werden nun die Auffassung des gewonnenen Resultats wesentlich erleichtern; Fig. 3 in natürlicher, die Figg. 6, 7 in symmetrisch idealisirter Darstellung. Aus ersterer, Fig. 3, lässt sich ersehen, wie sehr der Krystall ausgeartet erscheint durch Unvollzähligkeit der Flächen sowohl, als durch regellose Ungleichheit ihrer relativen Ausdehnung. Auf die Frage, ob bei diesen Deformitäten eine Hemiëdrie mitspiele, kommen wir weiterhin zurück.

Die bisher am Binnit beobachteten, gemessenen und bestimmten Flächen sind (vergl. Schrauf, Atlas, Lief. IV, Artikel Binnit), folgende:

$$\infty O. \ \infty O \infty. \ O. \ 2O2. \ 6O6. \ 3O\tfrac{3}{2}. \ \tfrac{3}{2}O.$$

Die ersten Beobachtungen im Jahre 1854 von Damour und v. Waltershausen hatten nur die Flächen von ∞O und $2O2$ erkennen lassen. Zwei Jahre später brachte Heusser dazu $\infty O \infty$, fand dieses sogar an allen Krystallen, meist vorherrschend über ∞O. Er bestätigte $2O2$, beobachtete überdies auch O, dieses jedoch viel seltener, an 25 Krystallen nur dreimal; sodann das Leucitoid $6O6$ an einem Krystall, wo er es durch Messung von dessen Neigung zu $\infty O \infty$ feststellte, dagegen an einem zweiten Krystall nicht maass, sondern nur wieder zu erkennen vermuthete. Endlich fand Heusser auch noch eine Triakisoctaëderfläche $\frac{3}{2}O$, [1]) die Leucitoëderkanten von $2O2$ abstumpfend (vergl. Naumann, Lehrb. d. Kryst. 1832, Fig. 75) Triakisoctaëder sind indess am Binnit jedenfalls die seltensten Gestalten. In seiner zweiten Mittheilung (Pogg. Ann. 100, p. 539) erwähnt v. Waltershausen ausdrücklich, dass er nie ein solches beobachtet habe. Dagegen wurde der Achtundvierzigflächner $3O\frac{3}{2}$ als Binnitfläche durch desselben Forschers ebengenannte zweite Mittheilung, p. 537, in der Combination $\infty O. \ 2O2. \ 3O\frac{3}{2}$ bekannt. Ein nicht zu bestimmendes mOn wurde auch durch Kenngott bestätigt, ausserdem in dessen verdienstvollem Werk über die Minerale der Schweiz S. 378, ausser $2O2$ und $6O6$, welche schon Heusser gefunden hatte, noch zwei nicht gemessene Leucitoide mOm erwähnt. Vielleicht sind es dieselben, welche unser Krystall bietet und welche wir weiter unten besprechen werden.

In A. Schrauf's oben citirtem Atlas bringen die Figg. 3, 4, 5 aus dessen Beobachtungen an Krystallen des Wiener k. k. Min. Cabinets zu den genannten Flächen keinen neuen Zuwachs. Sie bestätigen als die reichsten Combinationen:

$$\infty O. \ \infty O \infty. \ O. \ 2O2. \ 3O\tfrac{3}{2}.$$

$$\infty O. \ \infty O \infty. \ 2O2. \ \tfrac{3}{2}O.$$

$$\infty O. \ \infty O \infty. \ 2O2. \ 6O6. \ O.$$

So erscheinen denn diese reichsten bisher bekannt gewordenen Binnitkrystalle nicht über fünfzählig combinirt und, indem dagegen unser Krystall mit acht verschiedenen, vollkommen

---

[1]) Irrthümlich hat Schrauf im Text seines schätzbaren Atlas (cf. Artikel Binnit) statt der Form $\frac{3}{2}O = 332 = a : a : \frac{3}{2}a$, eine Leucitoidfläche $z = 322 = \frac{3}{2}a : a : \frac{3}{2}a = \frac{3}{2}O\frac{3}{2}$ eingeführt, obgleich in Fig. 4, übereinstimmend mit Heusser, als $\frac{3}{2}O$ gezeichnet.

Die Härte wird von Heusser (l. c. p. 119) = 4,5 angegeben, nämlich ausdrücklich erwähnt, der Binnit sei entschieden härter als Flussspath, lasse sich nicht von diesem ritzen, wohl aber von Apatit. Es ist daher jedenfalls ein Irrthum, vielleicht auf einer Verwechselung mit dem rhombischen Dufrenoysit beruhend, wenn in Naumann's Elementen d. Min. die Härte für das reguläre Mineral = 2 . . . 3 angegeben wird.

gut messbaren Theilgestalten geziert ist, erlangt er mit Recht den Anspruch auf die genauere Betrachtung, die wir ihm nun zuwenden wollen. Die Combination besteht aus:

$$\infty O.\ \infty O \infty.\ O.\ 2O2.\ 4O4.\ 10\,O\,10.\ 4O.\ 3O^{3}/_{2}$$

unter welchen Flächenzeichen drei für den Binnit neu sind: 4O4. 10 O 10. 4O.

Eine solche Combination in idealer Flächenvollzähligkeit, wie in Fig. 6 dargestellt, enthält nicht weniger als 170 Flächen. Wie schon die Fig. 3 erkennen lässt, gibt es in der natürlichen Ausbildung dieses Krystalls bei all seiner Unsymmetrie doch keine Theilgestalt, welche man als vorherrschend, als die Trägerin der Combination anzusehen berechtigt wäre, denn mit Ausnahme der beiden, nur klein und spärlich auftretenden Glieder $3O^{3}/_{2}$ und 4O kommen alle übrigen meist mehrfach in gleich ansehnlicher Grösse vor, ein Gleichgewicht darstellend, welches, wie es in Fig. 3 ersichtlich ist, so auch im Habitus der idealen Fig. 6 auszusprechen war.

Die Unvollzähligkeit der Flächen unseres Krystalls veranlasst uns alsbald zu der Frage, ob dieselbe eine tetraëdrische Hemiëdrie erkennen lasse, oder vielmehr nur als regellos erscheine. Diese Frage hat insofern eine erhöhte Bedeutung, als eine hemiëdrische Anlage den Binnit den Fahlerzen und dem Tennantit um so näher bringen würde. Kenngott (Uebers. für 1856 u. 1857, p. 174) hatte aus seinen Beobachtungen an Krystallen der Wiser'schen Sammlung auf eine Hemiëdrie geschlossen, letztere gegen v. Waltershausen, welcher sie in Abrede gestellt (Pogg. Ann. Bd. 100), vertheidigt und allerdings mit Recht angeführt, es könne dem Mineral die Hemiëdrie zu eigen sein, ohne dass ein jeder Krystall dies auch erkennen lassen müsse. Indessen haben auch die von Schrauf in seinem Atlas besprochenen Binnitkrystalle sich nur holoëdrisch entwickelt gezeigt und es erscheint immerhin rathsam, die ferneren Studien an Binnitkrystallen auch auf diesen Punkt zu richten. Ein so flächenreicher Krystall wie der unsrige schien sich für eine solche Untersuchung besonders zu empfehlen. Ich habe deshalb die Fig. 7 als ein nochmaliges Bild der ideal vollzähligen Combination hinzugefügt und ihr eine ungefähr ähnliche Stellung gegeben wie die der natürlichen Abbildung Fig. 3, so dass man die mit Buchstaben des Alphabets bezeichneten Flächen beider Figuren vergleichen und die correspondirenden leicht auffinden kann. In Fig. 7 finden sich nun alle am Krystall wirklich auftretenden, also in Fig. 6 gegebenen Flächen schraffirt, die fehlenden weiss gelassen. Da einige in ihren Zonen an dem Krystall mitgemessenen Flächen bei der Stellung, welche die beiden Figuren erhalten haben, über deren Rand fallen und also nicht mehr zu deren Vordersicht gehören, so wurden ihre Symbole und Buchstaben an den Randstellen der Figuren, wo sie zunächst anliegen, beigeschrieben. Es betrifft dies die 5 Flächen h = ∞O∞, .. = 10 O 10, t = ∞O, q = 2O2, l = 2O2. Man überzeugt sich nun leicht, dass das

Fehlen der nicht vorhandenen Flächen keiner hemiëdrischen Regel unterliegen kann. Die Entscheidung findet sich nämlich sofort aus der Lage der Octaëderflächen, von welchen zwar in Fig. 3 allerdings zwei fehlen und zwei vorhanden sind. Allein die zwei vorhandenen liegen nicht tetraëdrisch zu einander, sondern octaëdrisch, unter 109° 28′ zu einander geneigt, womit die Frage wenigstens für diesen Krystall zu Gunsten der Holoëdrie entschieden ist. Dem entsprechend zeigt sich auch die Vertheilung der unvollzähligen, in der Fig. 7 schraffirten Flächen der übrigen Theilgestalten als eine zufällige.

Die Erzeugung einer Reihe von Ikositetraëdern [1]), deren bereits vier Arten beobachtet sind, scheint eine den Binnit auszeichnende Eigenthümlichkeit zu sein. Beim Fahlerz kennt man zwar auch mehrere mOm, aber doch nur hemiëdrisch als Trigon : Dodecaëder $\frac{mOm}{2}$. Die an unserem Krystall vorhandenen drei Ikositetraëder nebst dem von Heusser beobachteten 6O6 haben folgende Kantenwinkel:

2O2,	tetragonale Kante = 131° 48′ 37″,	trigonale Kante = 146° 26′ 34″
4O4	» » = 152° 44′ 2″	» » = 120° 0 0
6O6	» » = 161° 19 ? 42″	» » = 110° 0 19″
10O10	» » = 168° 38′ 8″	» » = 101° 52′ 52″

Bei 4O4 ist die Kante von genau 120° 0′ 0″ recht bemerkenswerth. Nach v. Kobell (Berechnung d. Krystallformen, 1867, p. 38) wäre diese Gestalt schon früher beobachtet am Magnetit; doch habe ich Angaben darüber trotz allen Nachsuchens nirgends finden können. Für den Binnit ist diese Form neu, an unserem Krystall sehr breit und schön gebildet (i in Fig. 3) und daher durchaus nicht zu verwechseln mit Heusser's 6O6, welches am vorliegenden Krystall ganz fehlt.

---

[1]) Nach der merkwürdigen Entdeckung des tetragonalen Systems des Leucits darf man sich leider fernerhin nicht mehr der so anschaulichen Bezeichnungen Leucitoëder und Leucitoid bedienen, selbst wenn man mit A. Scacchi (Contribuzioni mineralogiche per servire alla storia dell' incendio Vesuviano in 1872, p. 32) die Existenz von zweierlei Leucitvarietäten, einer tetragonalen und einer regulären, für wahrscheinlich hält. Nachdem das Mineral durch vom Rath's Scharfsinn zum Ei des Columbus geworden, ist es für uns Andere allerdings jetzt nicht mehr schwierig, Leucitkrystalle auf ihre einaxige Spitze aufzustellen, wenn sie von der Art sind, bei welcher gewisse charakteristische Kanten, die man vor der Entdeckung vom Rath's für gleichwerthig nahm, um beinahe 4 Grade (3° 55′ 2″) differiren. Dieser Unterschied ist ja so bedeutend, dass er sofort, sogar bei einer Handgoniometer-Messung in die Augen fällt und über sein Vorhandensein oder sein Fehlen gar keinen Zweifel lässt. Um so sicherer kann man deshalb aber auch annehmen, dass, wo der Goniometer nicht einen solchen Unterschied, sondern im Gegentheil an einem an sich gut ausgebildeten Krystall eine dem isometrischen System entsprechende Gleichheit der Kanten nachweist, der Krystall auch wirklich ein isometrischer sei. Solcher Art scheinen aber die bekannten grösseren, der alten vesuvischen Lava lose eingekneteten, trüben Leucitkrystalle wirklich zu sein, von welchen ich einen von modellgleicher Regelmässigkeit besitze, an welchem alle Kanten mit grössester Genauigkeit 131° 49′ und 146° 27′ messen.

Das Ikositetraëder 10 O 10 ist schon vor längerer Zeit am Magnetit beobachtet worden von Breithaupt, cf. dessen Handbuch der Min. S. 783 und Fig. 376. Obgleich eine Fläche 10 O 10 sich der Hexaëderfläche ∞O∞ bis zu dem sehr stumpfen Winkel von 171° 57′ 2″ annähert, so ist dies doch noch lange nicht die Grenze der Unterscheidbarkeit; findet man doch sogar 12O12 für den Fluorit, 16O16 für den Magnetit (Breithaupt l. c.), ja 40O40 für das Würfel-Erz als beobachtet angegeben (Naumann, Lehrb. d. Kryst. I. p. 113 u. 154). Zunächst abwärts aber kennen wir 9O9 am Pyrit aus dem Binnenthal (cf. diese Min. Not. 1863 Nr. 5, p. 29).

Das Triakisoctaëder 4O ist an dem Krystall nur einmal aufgefunden worden, als sehr schmale Entkantung, u in Fig. 3 zwischen m und a, von sehr schwachem Reflex, dessen Messung jedoch mit dem Zeichen gut stimmt. Vielleicht ist das von Kenngott erwähnte Triakisoctaëder das gleiche gewesen. Die längere Kante von 4O ist = 159° 57′ 0″, die kürzere = 136° 39′ 30″, und es ist diese Form am Bleiglanz beobachtet worden; vergl. Naumann, Lehrb. d. Krystallogr. v. 1832, I. p. 112; auch von da bei Schrauf, Atlas d. Min. Bleiglanz, Fig. 12.

Das Hexakisoctaëder 3O$^3/_2$ gehört zwar zu den nicht allzukleinen, aber doch zu den minder gut gebildeten Flächen unseres Binnitkrystalls und lieferte nicht so schön spiegelnde Reflexe, wie sie alle übrigen Flächenarten für die Messung gewährten. Es ist 3O$^3/_2$, der durch sein häufiges Auftreten am Granat so allbekannte Achtundvierzigflächner, tautogonal zwischen ∞O und 2O2 gelegen; seine Kanten = 158° 12′ 48″; 148° 59′ 50″ und 158° 12′ 48″.

An diese Betrachtungen über die einzelnen Flächenarten fügen wir nun noch nachstehendes Verzeichniss der gemachten Messungen und Flächenneigungen.

Die nachstehende Tabelle gibt die an dem Krystall gemachten Messungen, vorher aber in ihrer vorderen Verticalreihe die berechneten Werthe mit den Symbolen des tesseralen Systems. Die alphabetische Flächenbezeichnung in den rechts folgenden Colonnen hat dagegen keine symbolische Bedeutung, dient vielmehr lediglich zur Unterscheidung der an dem Krystall wirklich auftretenden Flächen, deren jede einzelne einen besonderen Buchstaben zugetheilt erhielt. Die relative Lage aller dieser so bezeichneten Flächen ersieht man dann aus den beiden Figuren 6 u. 7, welche bei ihrer gegenseitigen Vergleichung vollständige Auskunft gegewähren dürften.

Binnit: Krystall der Combination: ∞O∞. ∞O. O. 2O2. 4O4. 10O10. 3O$^{3}/_{2}$. 4O.

Berechnet.	Gemessen.	Gemessen.	Gemessen.
2O2 : O = 160° 31′ 44″	$o:m$ = 160 36	$b:m$ = 160 30	
2O2 : 4O = 135 17 22	$o:u$ = 135 11		
2O2 : ∞O = 125 15 52	$o:a$ = 125 30	$b:v$ = ca. 125 12	
2O2 : O = 90 0	$o:f$ = 90 18		
2O2 : 2O2 = 70 31 44	$o:g$ = 70 52		
2O2 : ∞O∞ = 35 15 52	$o:h$ = 35 32		
O : 4O = 154 45 38	$m:u$ = 154 35		
O : ∞O = 144 44 8	$m:a$ = 144 55	$m:v$ = 144 40	
O : O = 109 28 16	$m:f$ = 109 37		
O : 2O2 = 90 0	$m:g$ = 90 16		
O : ∞O∞ = 54 44 8	$m:h$ = 55 0		
∞O : O = 144 44 8	$a:f$ = 144 50		
∞O : 2O2 = 125 15 52	$a:g$ = 125 26		
∞O : ∞O∞ = 90 0	$a:h$ = 90 6		
O : 2O2 = 160 31 44	$f:g$ = 160 32		
O : ∞O∞ = 125 15 52	$f:h$ = 125 17		
2O2 : ∞O∞ = 144 44 8	$g:h$ = 144 47	$b:k$ = 145 21	
2O2 : 4O4 = 164 12 25		$b:i$ = 164 14	
2O2 : ∞O = 150 0	$b:n$ = 150	$d:a$ = 150	
2O2 : 2O2 = 120 0	$b:q$ = ca. 120$^{1}/_{2}$	$b:d$ = 120 10	
2O2 : ∞O = 150	$b:a$ = 150 6	$d:e$ = 149 58	
2O2 : 3O$^{3}/_{2}$ = 130 6 24	$b:c$ = (c ist matt)		
2O2 : ∞O = 90 0	$b:e$ = 90 7	$s:a$ = ca. 90	
2O2 : 3O$^{3}/_{2}$ = 70 53 36	$b:r$ = ca. 71 35		
2O2 : 2O2 = 60 0	$b:s$ = ca. 60		
2O2 : ∞O = 30 0	$b:t$ = ca. 29$^{1}/_{2}$		
∞O : 3O$^{3}/_{2}$ = 160 6 24	$a:c$ = (c spiegelt nicht)		
∞O : ∞O = 120 0	$a:e$ = 120 2	$a:t$ = ca. 60	
∞O : 3O$^{3}/_{2}$ = 100 53 36	$a:r$		
O : 2O2 = 160 31 44	$m:p$ = 160 14		$f:d$ = 160 41
O : ∞O∞ = 125 15 52	$m:z$ = 124 58		$f:z$
O : 10O10 = 117 12 54	$m:w$ = 116 56		
O : 4O4 = 105 47 35	$m:x$ = (x Schimmer)		
∞O∞ : 10O10 = 171 57 2	$z:w$ = 171 55	$h:$ = 171 57	
∞O∞ : 4O4 = 160 31 43	$z:x$ = (x Schimmer)	$h:$ = 160 23	
∞O∞ : 2O2 = 144 44 8	$z:p$ = 144 43	$h:s$ = ca. 144 30	$z:d$ = ca. 145 20
∞O∞ : ∞O = 90 0		$h:y$ = ca. 89 47	
∞O∞ : ∞O = 135 0	$h:e$ = 135 24	$z:a$ = 135 10	$z:y$ = ca. 135
[1]) 2O2 : 2O2 = 146 26 34	$g:d$ = 146 44		
[1]) ∞O : 4O4 = 146 26 34	$a:i$ = 146 28		
2O2 : 10O10 = 143 56 42	$d:w$ = 144 2		
∞O : 10O10 = 140 22 4	$e:w$ = 140 15		
∞O∞ : 2O2 = 114 5 42	$z:b$ = 113 48		
∞O : ∞O = 90 0	$a:y$ = ca. 90		

[1]) Die Gleichheit bei obiger Angabe der Neigungen 2O2 : 2O2 und ∞O : 4O4 = 146° 26′ 34″ beruht nicht auf einem Schreibfehler oder Irrthum, sondern ist der thatsächlich richtige Ausdruck für ein interessantes krystallographisches Problem.

Kalkspath vom Rödefiord auf Island.

Ein durch Herrn Wilh. Steeg, Opticus in Homburg, erhaltenes Spaltstück eines gross angelegt gewesenen Krystalls hat mir abermals Gelegenheit zu einigen Beobachtungen an dem so formenreichen Isländer Kalkspath gegeben, welche den vorliegenden Nachtrag zu früheren Mittheilungen veranlassen. Letztere finden sich in diesen Mineral. Notizen von 1866, Heft 7 und von 1873, Heft 11.

Auch an unserem neuesten Krystallstück sind die Flächen nicht blos unvollzählig, sondern auch so unregelmässig situirt, ihre Lage mehrmals so geradezu versetzt und vertauscht, dass man ohne genauere Messungen mit einer bestimmenden Deutung der Combination nicht zu Stande kommen würde. Die genauere Betrachtung der möglichst natürlichen, auch die wirkliche Grösse wiedergebenden Darstellung des Krystallfragments in Fig. 4 wird dies bestätigen. Beim ersten Anschein wenig zahlreiche Flächen sieht man hier doch eine neunzählige Combination bilden, deren idealer Gesammtcomplex nicht weniger als 66 Flächen bieten würde und in Fig. 5 dargestellt ist. Es treten hier zusammen:

$$R.\ R3.\ \infty \grave{P}2.^{1)}\ 4R.\ 10R.\ \infty R.\ -6R.\ -\tfrac{1}{2}R.\ -4R\tfrac{5}{3}.$$

A. Des Cloizeaux hat eine damit verwandte Combination, R. R3. 4R. 10R. ∞R. — 4R$^{5}/_{3}$. — $^{27}/_{5}$ R $^{25}/_{19}$ (?) beobachtet und in Fig. 268 seines »Manuel de Minéralogie« ein fragmentarisches Diagramm derselben skizzirt.

Die Messungen konnten bei der meist guten Ausbildung der Flächen mit dem besten Erfolg gemacht werden, theils mittelst Papierwinkeln, theils an Wachsabdrücken mit dem Reflexionsgoniometer.

Eine Vergleichung der Fig. 5 mit den früheren, Fig. 7 und 9 in Heft 7 und Fig. 20 in Heft 11, zeigt einiges verwandtschaftlich Gemeinsame ebensowohl als das andrerseits die neue Combination besonders Auszeichnende. In letzterer Beziehung fällt die ungemein vollständige Reihe in der verticalen Hauptzone auf, mit sechs, sich in horizontalen Kanten begrenzenden, mit Ausnahme von — $^{1}/_{2}$R sämmtlich prächtig spiegelglatten Gliedern: R. 4R. 10R. ∞R. — 6R. — $^{1}/_{2}$R.

Neu ist hierunter das Rhomboëder — 6R, auf welches wir alsbald zurückkommen wollen.

10R bestätigt das in Heft 11, S. 12 darüber Gesagte. Die Anordnung der Glieder der erwähnten verticalen Reihe ist seltsam unordentlich, wie auch Fig. 4 es erkennen lässt. So

---

[1]) Man sieht ∞P2 nicht in Fig. 4. Die Fläche befindet sich auf der Rückseite des Krystalls.

sieht man zu rechter Hand ∞R nicht allein über $-6R$, sondern auch, sich wiederholend, unter demselben, eine einspringende Kante damit bildend. Einseitig ferner, nur linker Hand, finden sich $4R$ und $10R$, und zwar mit ebenfalls einspringender Kante unterhalb $-6R$, während doch Beide eigentlich darüber liegen sollten: Alles Dislocirungen, welche das Verständniss des Krystalls ungemein erschweren.

Das Skalenoëder $-4R^{5}/_{3}$ (vergl. Heft 11, S. 14 unten) stellt sich auch hier wieder ein. Wenn auch spät entdeckt, hat es doch bereits jetzt schon den Anspruch auf Seltenheit verloren, während die Schönheit seiner Flächenausbildung sich bei jedem Auftreten immer wieder bestätigt.

Von unvollkommener Bildung, eher treppige Uebergänge als eigentliche Flächen darstellend, sind an unserem Krystall nur $\infty P2$ und $-{}^{1}/_{2}R$. Das Skalenoëder $R3$ ist zum Theil feinstreifig parallel mit R, zum Theil aber auch ausgezeichnet eben, obgleich glanzlos und wie angehaucht.

Das Rhomboëder $-6R$ scheint seither noch nirgends erwähnt zu sein. Nur sein Gegenrhomboëder $+6R$ ist von Sella beobachtet worden (cf. dessen Studi sulla mineralogia sarda, p. 21 und Fig. 32; auch desselben Autors: Quadro delle forme cristalline etc., p. 12). Unser $-6R$ steht in naher Beziehung zu dem durch seine einfachen verwandtschaftlichen Verhältnisse interessanten Skalenoëder $-4R^{5}/_{3}$, bei welchem sich nämlich findet:

verhüllt in den kürzeren Polkanten X liegend: $-8R$,
« » » längeren » Y » : $+12R$,
auf » kürzeren » X » : $+4R$,
» » längeren » Y » : $-6R$.

Es bildet also $-6R$ an der längeren (stumpferen) Polkante Y des Skalenoëders $-4R^{5}/_{3}$ die gerade Abstumpfung, gleichwie unter sonst begünstigenden Verhältnissen $+4R$ an der anderen Polkante, X, als Entkantung auftreten könnte, obgleich es an unserem Krystall nicht der Fall ist. In Des Cloizeaux's oben erwähnter Fig. 268 findet sich die Kante Y nicht abgestumpft, sondern zugeschärft durch ein anderes Skalenoëder: $d^{1}/_{21}\ d^{1}/_{15}\ b^{1}/_{29}, = -{}^{27}/_{5}R^{25}/_{19}$.[1]) Anstatt solcher Zuschärfung gewährt unser Isländer Krystall die gleich interessante Abstumpfung durch $-6R$, obgleich bei der Unsymmetrie und Unvollständigkeit des Krystallstücks diese Function von $-6R$ nicht zur Anschauung kommt, daher auch nur an dem Leitfaden einer

[1]) Vergl. Manuel de Minéralogie, Tome II, p. 104 ganz unten und p. 105 oben.

Die von G. vom Rath (Pogg. Ann. 1868, Bd 135, p. 573, Fig. 8, Taf. 5) an Krystallen von der Nahe beschriebene und abgebildete Zuschärfung durch $R5$ concurrirt dagegen hier nicht, da sie sich auf die schärfere Polkante X von $-4R^{5}/_{3}$ bezieht.

Zonenprojection erkannt wurde. Am Object sieht man, wie es auch Fig. 4 zeigt, $-6R$ in Gestalt einer breit in die Quere gestreckten Fläche, gar nicht in Berührung mit $-4R^{5/3}$, in Wirklichkeit aber von sehr schönem Spiegelglanz.

Für dies Rhomboëder $-6R$ berechnet sich die

Polkante	=	62°	43′	5″
Mittelkante	=	117	16	55

Zu unserer Combination und ihrer Abbildung in Fig. 5 mögen nachstehend noch einige berechnete Neigungswinkel folgen, mit welchen der Krystall überall stimmt, so genau als es ohne Reflexions-Goniometer, mit blossen Anlegemaasen eben möglich ist:

$R : 4R$	=	148°	29′	26″
$R : 10R$	=	140	23	52
$R : \infty R$	=	134	36	26
$R : -6R$	=	125	1	0
$R : -\frac{1}{2}R$	=	70	52	29
$-4R^{5/3} : -4R^{5/3}$ über $-6R$	=	158	30	38
$-4R^{5/3} : -6R$	=	169	15	19
$-4R^{5/3} : -4R^{5/3}$ über $\infty P2$	=	137	33	2
$-4R^{5/3} : R$	=	124	45	19
$R3 : R$	=	150	58	13
$R3 : R3$ über $\infty P2$ . . .	=	132	58	33
$R3 : -4R^{5/3}$ nächstanliegend	=	148	54	51

Die Projection, Tafel 3 Fig. 14 zeigt folgende Zonen:

R. 4R, 10R. ∞R. $-6R$, verticale Hauptzone in der Projection durch Parallelismus der Sectionslinien ausgesprochen.

$-\frac{1}{2}R$. R. R3. $\infty P2$, Polkantenzone des Grundrhomboëders, Zonenpunkt *a*.

4R. $-4R^{5/3}$. $\infty P2$. $-4R^{5/3}$, Abstumpfung der Kante X von $-4R^{5/3}$ durch 4R, Zonenpunkt *b*.

$-6R$. $-4R^{5/3}$. $\infty P2$. $-4R^{5/3}$, Abstumpfung der Kante Y von $-4R^{5/3}$ durch $-6R$, Zonenpunkt *c*.

4R. R3. R3. 4R. $\infty P2$, Zuschärfung der Polkante von 4R durch R3, da in der Kante X von R3 das Rhomboëder 4R verhüllt liegt, Zonenpunkt *d*.

(In dieselbe Zone würde auch $-2R$ fallen, welches an den Isländer Krystallen häufig ist, am vorliegenden Krystallbruchstück vielleicht nur zufällig fehlt.)

R. ∞R. R3, Zonenpunkt *e*.

Die Projection bietet aber auch wieder ein Beispiel eines falschen, trügerischen Zonenpunktes, welcher an einer Stelle mit ◌ bemerklich gemacht ist. Daselbst glaubt man drei Sectionslinien von R3. $-4R^{5}/_{3}$. $-6R$ sich kreuzen zu sehen, wogegen die Rechnung lehrt, dass dies nicht der Fall ist, eine Zone also nicht besteht.

Herr A. Des Cloizeaux gibt in der neuesten Fortsetzung seines vortrefflichen »Manuel de Minéralogie«, Bd. II, p. 114 folgende interessante Auskunft über die Lagerstätte des Isländer Doppelspaths: »Der zu Polarisationsapparaten verwendbare, ganz reine und durchsichtige Kalkspath ist bis jetzt nur in Island gefunden worden. Seine hauptsächlichste Lagerstätte liegt nahe bei einer unter dem Namen Helgastad bekannten Häusergruppe, auf dem rechten Ufer des unmittelbar ins Meer herabfallenden Bächleins Silfurloekir (Silberbach), auf dem nördlichen Abhang des Eskifjord-Busens. Dieser ist der nördlichere der beiden Arme, in welchen sich die grosse Rödefjord-Bai ausgabelt, deren Mündung ungefähr die Mitte der Ostküste Islands einnimmt. Das Kalkspathlager erfüllt 109 Meter hoch über dem Meeresspiegel eine grosse Höhlung von 4 bis 5 Meter Höhe auf ungefähr 12 Meter Breite, in einem schwärzlichgrünen, feinkörnigen Trappmandelstein. Ein Theil der Höhlung ist von einem braunen Thon erfüllt und mitten in diesem vertheilt finden sich die durchsichtigsten Stücke, von mitunter ansehnlicher Grösse, da man deren kennt bis zu 0,2 Meter auf 0,35 Meter Seitenlänge. Der übrige Theil (der Höhle) umschliesst fast ausschliesslich einen mächtigen krystallinischen Stock, dessen Kluftwände mit einer dichtdrusigen Rinde von Stilbitkrystallen überzogen sind. Letztere haften fest an der Oberfläche des Kalkspaths, versenken sich wohl auch einige Millimeter tief in denselben. Das Grundrhomboëder ist die vorherrschende Gestalt beim Isländer Kalkspath; oft auch erscheinen natürlich entstandene Spaltungsflächen desselben. Selten sind die Combinationen:

R. R3. $-{}^{2}/_{5}R2$. Fig. 266, Des Cl.

R3. R. 4R. 10R. ∞R. $-4R^{5}/_{3}$. $-{}^{27}/_{5}R^{25}/_{19}$, Fig. 268 Des Cl.

sowie ${}^{5}/_{2}R$. R3. ${}^{2}/_{5}R2$.

R. R3. ${}^{4}/_{7}R^{3}/_{2}$.

R. 0R.

Kalkspath von Andreasberg.

Die Senckenbergische Sammlung besitzt ein Kalkspathexemplar, mit Nr. 1884 bezeichnet, mit reichlicher Ueberdrusung durch Krystalle, wegen deren eigenthümlicher Gestaltung sofort auf unsere Fig. 9 verwiesen werden möge. Dieselben sind in der Mehrzahl 10 bis 15 Millimeter gross, blaulich- bis gelblichgrau, bei vollkommener Durchsichtigkeit und schönem Glanz. Jeder Krystall besteht aus drei horizontal geschiedenen Abtheilungen, zunächst einer gürtelartigen mittleren, auf den ersten flüchtigen Blick als kurze hexagonale Säule erscheinend, jedoch mit nur am Rand ringsherum wenig freigelassener basischer Fläche oR, indem der mittlere Bereich von oR eingenommen wird durch einen rhomboëdrisch-skalenoëdrisch angelegten, aufstrebenden Krystalltheil. Dasselbe wiederholt sich auf der entgegengesetzten Seite nach abwärts. Es ist dabei recht auffallend, dass der mittlere, äquatoriale Theil, der doch wohl bei einem vorausgehenden Krystallisationsact entstand, dennoch nur äusserlich, nicht aber auch innerlich von dem oberen und unteren Hinzuwachs geschieden ist, dass Alles vielmehr in Gefüge, Färbung und Durchsichtigkeit einen ununterbrochenen Uebergang bietet. Eine und dieselbe rhomboëdrische Spaltbarkeit geht überall durch alle drei Theile eines jeden Krystalls, unter welchen man demnach nach etwaigen Hemitropien um die Verticalaxe vergebens suchen würde.

Betrachtet man diese eigenthümliche und in ihrer Gesammtheit am Handstück einen schmucken Anblick bietende Krystallisation etwas näher, so überzeugt man sich zunächst, dass der Krystalle mittlerer Theil nicht eine Säule ∞R ist, sondern ein sehr steiles negatives Rhomboëder. Genauer und mit weniger Umständen als die Kanten liessen sich die ebenen Winkel messen, und $= 86^0$ und 94^0 gefunden, berechnete sich hieraus das Rhomboëder als —25 R, welches für denselben Winkel $= 85^0\ 59'\ 10''$ erfordert. Unter den bisher genannten, zum Theil noch viel steileren Rhomboëdern befindet sich —25R nicht. Seine nicht auftretenden Polkanten sind $= 60^0\ 9'\ 46''$, Randkanten welche in Fig. 9 erscheinen $= 119^0\ 50'\ 14''$. Als schmale Entkantung zwischen —25R und oR findet sich ein vertical streifiges Rhomboëder, wahrscheinlich — $^1/_2$R.

Für die basische Fläche oR ist das Maass der Entblösung und die Gestaltung an den vielen Krystallen sehr verschieden, je nachdem die hinzutretende zuckerhutförmige Fortsetzung des Krystalls an ihrer Grenze gegen oR mehr oder weniger Umfang annahm. Oefters sieht man sogar den äussersten Rand von oR nicht allein erreicht, sondern sogar überwuchert, so

dass anstatt eines Absatzes mit freiem oR, im Gegentheil ein Ueberhängen des Terminaltheils über den mittleren entsteht. Im Allgemeinen erscheinen jene terminalen Krystalltheile sehr verzerrt und, wie in Fig. 9 angedeutet ist, auf den Flächen der negativen Rhomboëder —2R bauchig, cylindrisch und eigenthümlich in Furchen modellirt.

Eine Auswahl von vier Krystallen unter den kleinsten gewährte indessen Alles, was man in Bezug auf Flächenausbildung und Messbarkeit wünschen konnte, und es ergab sich folgende, in Fig. 8 idealisirte Combination:

—2R. —$^{11}/_{7}$R. 4R. R. R7. R5. —8R5

als Ansatztheile an der Combination: —25R. oR. —½R wie ersichtlich aus Fig. 9.

Nun ist hierbei das ungemein steile Skalenoëder

—8R5 = $^{1}/_{16}$ a' : $^{1}/_{40}$ a' : $^{1}/_{24}$ a' : c.

Dessen Kanten berechnen sich:

X = 106° 51′ 10″
Y = 133 11 40
Z = 166 24 50

Das eingeschriebene Rhomboëder der Kanten X ist = —56R
» » » » » Y » = 64R

Die Neigung der Polkante X zur Hauptaxe = 2° 4′ 24″
» » » » Y » » = 1 48 52

Die Flächen dieses Skalenoëders sind glänzend, annähernd eben, genügende Spiegelbilder liefernd; die Messungen um so befriedigender, als sie auf die dreierlei Spaltflächen hin gerichtet wurden. Es ergab sich, vergl. Fig. 8:

—8R5 (a)	: R (a)	= 126° 8′,	ber.	= 125° 45′ 27″,	Diff.	= 0° 22′ 33″
»	: R (b)	= 128 24	»	= 128 34 10	»	= 0 10 10
»	: R (c)	= 83 38	»	= 84 11 24	»	= 0 33 24

Die Combination bietet ausserdem noch an berechneten und zum Theil gemessenen Neigungen:

R7 :	R7 über 4R	= 130° 9′ 55″;	gem.	= 130° 20′
» :	» » —2R	= 111 38 48	»	= 111 20
» :	—8R5 seitwärts	= 166 19 16	»	= 166 33
» :	» abwärts	= 168 42 59		
» :	4R	= 154 49 0	»	= 154 17; 155 30

R7 :	—2R	= 142° 53′ 44″		
» :	R	= 138 1 12	gem.	= 138° 10′
» :	R5	= 175 55 54		
R5 :	R5 über 4R	= 134 27 38		
» :	4R	= 157 13 49		
» :	R	= 142 5 18	»	= 142 10
4R :	R	= 148 49 26	»	= 148 40
—2R :	—11/7R	= 174 3 9		
—11/7R :	»	= 86 36 20	»	= 86 51
» :	R	= 132 55 16	»	= 133 0
—2R :	—2R	= 78 50 55		
» :	R	= 129 25 27		

Die beiden Rhomboëder —2R und —11/7R setzen an den Krystallen nicht mit einer Kante gegen einander ab wie in Fig. 8, sondern gehen in einander über wie in Fig. 9. Für die Messungen erhält man aber ziemlich genügende Resultate, wenn man den Reflex des oberen Theils von —11/7R und des unteren von —2R benützt.

Die Projection Fig. 13 unserer Combination lässt uns einige interessante Zonenverhältnisse bemerken. Ausser dem Zonenpunkt *d*, woselbst die Kante Y von R5 durch 4R abgestumpft wird; dem Punkt *e*, woselbst R in der Kante von —2R liegt; endlich dem Zonenpunkt *f* für die Reihe R. R5. R7; ausser diesen Zonenpunkten fallen uns noch drei andere, in einer Reihe gelegene auf, in Fig. 13 mit *a b c* bezeichnet, in welchen wir vermeinen, die Sectionslinie —8R5 in die drei nachbenannten Zonen eintreten zu sehen.

—8R5. R5. 4R. R5, Punkt *a*
—8R5. R5. R7 » *b*
—8R5. 4R. R7 » *c*

Eine Controlirung durch die Zonengleichung bestätigt uns auch wirklich die Richtigkeit der Zonen für die beiden Punkte *a* und *c*, belehrt uns aber, dass die vermeintliche dritte Zone im Punkt *b* eine trügerische, nicht existirende ist, und dass deshalb auch der Schnittpunkt von R5 und R7 nicht mathematisch genau in die gerade Linie *a c*, welche eben die Sectionslinie von —8R5 ist, fällt, sondern um ein kaum Merkliches daneben.

Die Rücksicht auf dieses Zonenverhältniss ist nicht ohne Einfluss auf meine Bestimmung des Skalenoëders als —8R5 geblieben. Anfänglich hatte ich —7R5 angenommen, welches in

der That schärfer mit den Messungen stimmt, als —8R5, wie aus einer Vergleichung des Folgenden mit dem Obigen ersichtlich ist.

Für —7R5 ist	X =	106° 52′ 24					
	Y =	133 12 4					
	Z =	166 17 24					
—7R5	: R (*a*) =	125 57 43,	gem. =	126° 8′,	Diff. =	0° 12′ 17″	
»	: R (*b*) =	128 20 51	» =	128 24	» =	0 3 9	
»	: R (*c*) =	84 1 14	» =	83 38	» =	0 23 14	

Bei sehr steilen Formen, wozu unser Skalenoëder gehört, influiren aber Verschiedenheiten in der Länge der Hauptaxe nur sehr wenig auf die Kantenwinkel, wie die soeben gegebenen Zahlen darlegen, und in Rücksicht auf die Flächenbeschaffenheit, welche immerhin keineswegs dem höchsten Grad von Ebenheit entspricht, glaubte ich dem Zonenverhältniss Rechnung tragen zu sollen, welchem —7R5 nur annähernd, —8R5 aber völlig entspricht, und habe mich deshalb für die grössere Wahrscheinlichkeit des Letzteren entschieden.

Kalkspath von Andreasberg.

Fig. 11. 12.

Die in der Senckenbergischen Sammlung mit Nr. 291 bezeichnete grosse Gruppe lohnt ebenfalls durch besondere Eigenthümlichkeiten eine nähere Betrachtung, welche wir zunächst an eine annähernd ähnliche, in der halben wirklichen Grösse skizzirte Darstellung, Fig. 11, anknüpfen wollen.

Die Gruppe ist das Erzeugniss zweier Generationen und verräth dieses deutlich durch einen älteren Kern und eine spätere Umhüllung desselben. Der Kern besteht aus einem grossen, skalenoëdrischen Krystall R3 von blassvioletter Farbe, der, in Fig. 11 nicht sichtbar, in der Wirklichkeit auf einer anderen Seite der Stufe an einer Stelle drei Zoll lang entblösst ist. Die ihn später überwuchernden und fast gänzlich einhüllenden Krystalle sind dagegen milchweiss, durch stark entwickelte basische Flächen oR beinahe dicktafelförmig. Sie haben ihre Richtung, nur mit Ausnahme einiger wenigen, durch den violetten Kernkrystall erhalten, so dass alle Haupt- und Nebenaxen durch die ganze Gruppe hindurch parallel stehen und alle

basischen Flächen 0R gemeinschaftlich spiegeln. Dennoch geht nicht eine, sondern eine zweifache Richtung der Spaltbarkeit durch das Ganze, weil, wie aus Fig. 11 zu ersehen, ein Theil der Krystalle zwillingisch entgegengesetzt zu den übrigen steht; man sieht in der Fig. 11 von den dreiseitig gestalteten basischen Flächen einige ihre Spitze nach oben, andere nach unten kehren, ein System von Zwillingen des »Ersten Gesetzes«, mit Drehung = 60° um die Hauptaxe. Dass diese zwillingische Anlage schon dem Kernkrystalle zukomme, ist wahrscheinlich, aber nicht ersichtlich. Unsere Fig. 11 zeigt die Gruppe aus der Richtung der gemeinschaftlichen Hauptaxe, gerade dadurch aber die Krystalle von ihrer unvollkommensten, rauhen Seite, überdies aber skizzenhaft, mit Vernachlässigung jeglichen krystallographischen Details dargestellt. Auf 0R milchig trübe, erscheinen die Krystalle in Wirklichkeit seitwärts, nach der Richtung der Nebenaxen, durchsichtig und zahlreich mit glatten, glänzenden, scharfkantig begrenzten Flächen umgeben. Zeigt schon unser ungefähres Bild in Fig. 11, wie ungleich in der Grösse die Krystalle sind, so muss hinzugefügt werden, dass sich an dieser zahlreichen Gemeinschaft noch ein Heer sehr kleiner, bis zu den allerkleinsten als jüngste Ansiedler anschliesst, welche die Gestalt der grösseren oft mit noch glänzenderen Flächen wiederholt und daher für die Messungen zu benützen waren. Als Ergebniss erhielt ich die in Fig. 12 krystallographisch gezeichnete und in Fig. 10 in Linearprojection entwickelte Combination:

$$\infty R.\ R3.\ R9.\ -\tfrac{1}{3}R15.\ \tfrac{2}{3}R\tfrac{4}{3}.\ \tfrac{1}{5}R\tfrac{11}{3}.\ -\tfrac{1}{2}R.\ \infty P2.\ -2R.$$

Das mitgenannte Skalenoëder $-\frac{1}{3}R15$ ist neu; wir betrachten es, nachdem wir vorher einen Ueberblick der anderen auftretenden Flächen genommen haben.

Die Flächen 0R sind milchweiss, perlmutterglänzend, scheinbar blätterig sich überlagernd, daher im Grossen nur unterbrochen eben, bei genähertem Auge jedoch trefflich spiegelnd. Sind sie im Spiegelglanz daher den bekannten Maderaver basischen Flächen vergleichbar, so fehlt ihnen doch jede Spur der diesen eigenen dreiseitigen Linirung, wogegen eine andere zierliche Erscheinung an den vorliegenden basischen Flächen sogleich auffällt. Es zeigen nämlich sämmtliche Krystalle jeder Grösse entlang und dicht an den begrenzenden drei Kanten ihrer Flächen 0R bei reflectirtem Licht einen innerlich silberglänzenden Saum, äusserlich einen ganz schmalen Absatz bildend, in Gestalt einer scharf begrenzten, feinen, leuchtenden Linie; eine Erscheinung, deren eigentliche Ursache ich indess nicht zu erklären wüsste.

Als ein Glied der Combination ist das Rhomboëder $-2R$ mitgenannt worden und es kann hinzugefügt werden, dass es an den grossen Krystallen der Gruppe mit 0R zusammen sogar den Habitus beherrscht. Dennoch existirt $-2R$ an unserem Object in streng krystallographischem Sinn eigentlich nicht, da es gänzlich rauh und uneben, lediglich aus anderen

kleinen Flächen aufgebaut ist. An den kleineren Krystallen, und deshalb auch in unserer Fig. 12 fehlt es ganz.

Auch das flachere Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ ist nicht mehr recht glatt, sondern nach der schrägen Diagonale gefurcht, nur entstanden aus dem Wechsel der mit der Endkante von R tautozonalen, skalenoëdrischen Flächen $\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$ und $\frac{1}{5}R\frac{11}{3}$.

Die übrigen Flächen sind glänzend, streifenlos glatt, doch selten im strengsten Sinne spiegeleben, vielmehr meistens mit Spuren von Krümmung und Uebergängen.

Die Combination selbst ist in durchgreifender Weise beherrscht von der grossen Endkantenzone des Grundrhomboëders, obgleich dieses selbst nicht auftritt. Mit Ausnahme des Skalenoëders $-\frac{1}{3}R15$ sehen wir alle übrigen Theilgestalten eine gemeinschaftliche Reihe bilden, welche auch in Fig. 12 leicht zu verfolgen ist: $-\frac{1}{2}R$. $\frac{1}{5}R\frac{11}{3}$. $\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$. Lage von R. R3. R9. $\infty P2$. Die beiden Skalenoëder $\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$ und $\frac{1}{5}R\frac{11}{3}$ sind sehr gut gebildet und liegen oberhalb der Spaltfläche R, die beiden R3 und R9 abwärts. Jene ersteren bestätigen die früheren Wahrnehmungen zweier ausgezeichneter Forscher. Das Skalenoëder $\frac{1}{5}R\frac{11}{3}$ ist 1867 durch G. vom Rath an Kalkspathen vom Lake superior entdeckt worden (Pogg. Ann., Bd. 132, S. 389. 399); das andere $\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$, schon vor 1856 von Quintino Sella, an einem grossen Andreasberger Krystall (vergl. dessen Quadro etc., S. 30, unter Nr. 122). Dasselbe $\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$ ist auch kürzlich von meinem Freunde vom Rath an einem Krystall vom Lake superior wieder gefunden worden.

Die hier tautogonal verbundenen Skalenoëder berechnen, wenn R = 105° 5′, folgende Kanten

			X		Y		Z
$\frac{1}{5}R\frac{11}{3}$	=	$\frac{15}{4}a : \frac{15}{11}a : \frac{15}{7}a : c$;	X =	140° 39′ 4″;	Y =	157° 48′ 57″;	Z = 63° 53′ 4″
$\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$	=	$9a : \frac{9}{8}a : \frac{9}{7}a : c$;	» =	118 26 56 ;	» =	171 36 44 ;	» = 71 36 43
R3	=	$1a : \frac{1}{3}a : \frac{1}{2}a : c$;	» =	104 37 50 ;	» =	144 24 16 ;	» = 132 58 33
R9	=	$\frac{1}{4} : \frac{1}{9}a : \frac{1}{5}a : c$;	» =	113 17 34 ;	» =	127 48 44 ;	» = 163 29 48

Aus den Mittelkanten Z ergeben sich sodann folgende Neigungen der Zonenglieder unter einander, welchen die gemachten Messungen in beigefügter Art entsprochen haben.

			berechnet		gemessen
R	:	$-\frac{1}{2}R$	= 142° 32′ 30		
R	:	$\frac{1}{5}R\frac{11}{3}$	= 162 12 58,	gem.	= 162° 23′
R	:	$\frac{2}{3}R\frac{4}{3}$	= 173 19 2	»	= 173 5
R	:	R3	= 150 58 13	»	= 150 30
R	:	R9	= 135 42 36	»	= 135 13
R	:	$\infty P2$	= 127 27 30		
R3	:	R3	= 132 58 33	»	= 133 42

R3 :	$^2/_3$R$^4/_3$	=	144°	17′	15″,5	gem. =	143°	53′
R3 :	$^1/_5$R$^{11}/_3$	=	133	11	11	» =	133	7
R3 :	R9	=	164	44	22,5	» =	164	38
$^1/_5$R$^{11}/_3$:	$^2/_3$R$^4/_3$	=	168	53	55,5	» =	169	13
∞P2 :	R9	=	171	44	54			
∞P2 :	R3	=	156	29	16,5			
∞P2 :	R	=	127	27	30			
∞P2 :	$^2/_3$R$^4/_3$	=	120	46	32			
∞P2 :	$^1/_5$R$^{11}/_3$	=	109	40	27,5			
∞P2 :	— $^1/_2$R	=	90	0	0			

Während nun diese ganze durch das Grundrhomboëder beherrschte Zonenreihe, aus bereits bekannten Gliedern bestehend, ein beim Kalkspath überhaupt sehr häufiges Verhältniss darstellt, zeigen jedoch unsere Krystalle daneben noch ein neues, formbildend stark entwickeltes eigenthümliches Skalenoëder negativer Ordnung, welches bereits oben als — $^1/_3$R15 angekündigt, auch mit diesem Zeichen in die Figg. 10 und 12 eingeführt worden ist. Dessen sichere Bestimmung ist indess nicht leicht, weil die Flächen, obgleich glatt und glänzend, doch keineswegs den höchsten Grad von Ebenheit besitzen, daher mehrstreifige Reflexbilder liefern, eine unliebsame Eigenschaft gar vieler negativer Skalenoëder. Ueberdies erzeugen bei sehr steilen Skalenoëdern die allerkleinsten, schwierig zu corrigirenden Schwankungen der Flächenlage sofort die grössesten Verschiebungen der Schnittpunkte auf den Axen, namentlich auf der Hauptaxe, wodurch aber das Flächenzeichen sofort eine gänzlich verschiedene Form erhält, welcher man *prima vista* die so unmittelbare Nachbarschaft der Flächenlage mit einer anderen gar nicht ansieht, deren Zeichen so ganz verschieden aussieht.

Ich hatte an dem gesuchten Skalenoëder gemessen:

Kante X	=	116° 25′	bis	116° 40′
» Y	=	128 47	»	128 49
» Z	=	153 5	»	153 45
Neigung zu oR	=	103 30	»	104 13

und berechnete hieraus mit Wahrscheinlichkeit ein

— $^2/_5$R12, wofür X	=	116°	34′	24″
Y	=	127	10	44
Z	=	152	4	58
Neigung zu oR	=	103	41	23

Ich trug nun dieses Skalenoëder in die Zonenprojection Fig. 10 als $^5/_{11}a' : {}^5/_{24}a' : {}^5/_{13}a' : c$ ein und glaubte seine Sectionslinien in zweierlei Punkte, z. B. *a* und *c* (vergl. Fig. 10) als Zonenglied eintreten zu sehen. Mit dem Punkt *a* hatte es auch seine Richtigkeit; als aber auch der vermeintliche Zonenpunkt *c* rechnend geprüft wurde, fand sich, dass derselbe zwar beinahe, aber nicht wirklich stimmte. Ich warf mir daher die Frage auf, welches Zeichen muss ein Skalenoëder haben, dessen Sectionslinie die beiden Zonenpunkte *a* und *c* wirklich berührt und verbindet, welche also Zonen bildet im Punkt *a* mit R. R9, im Punkt *c* mit R9. ∞R? Ich betrachtete hierbei das factische Nichtauftreten von Flächen R und ∞R gleichsam als einen mehr unwesentlichen, zufälligen Umstand. Die Rechnung ergab in Antwort hierauf für das in *a* und *c* tautozonale Skalenoëder:

$$-\,^1/_3R15$$
$$= {}^3/_7a' : {}^1/_5a' : {}^3/_8a' : c$$

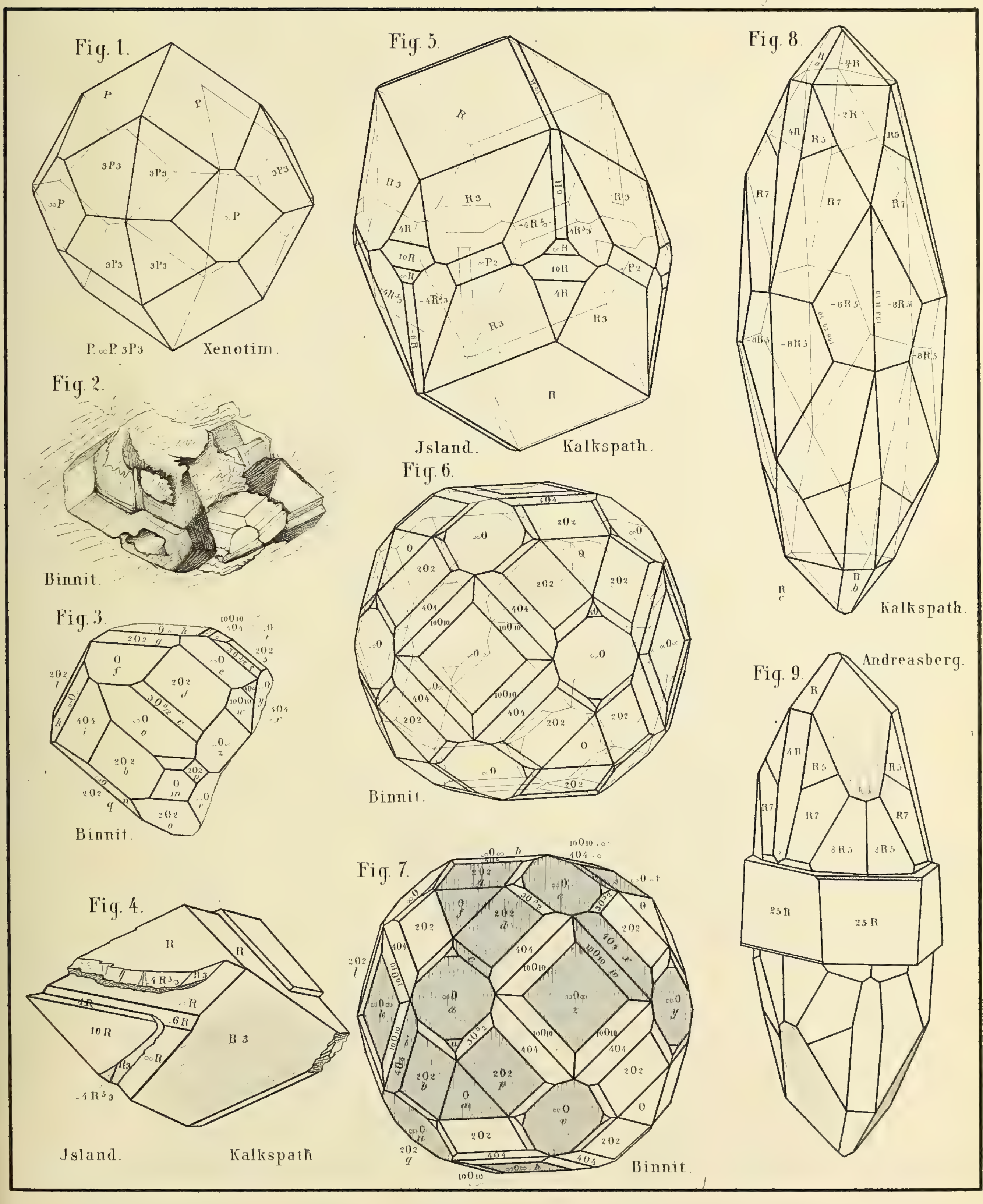
Nun waren zur Probe des Grades der Uebereinstimmung mit den Messungen die Kanten auch dieses Skalenoëders zu berechnen:

X	=	117°	28′	46″
Y	=	125	59	26
Z	=	153	18	24
Neigung zu oR	=	103	10	0

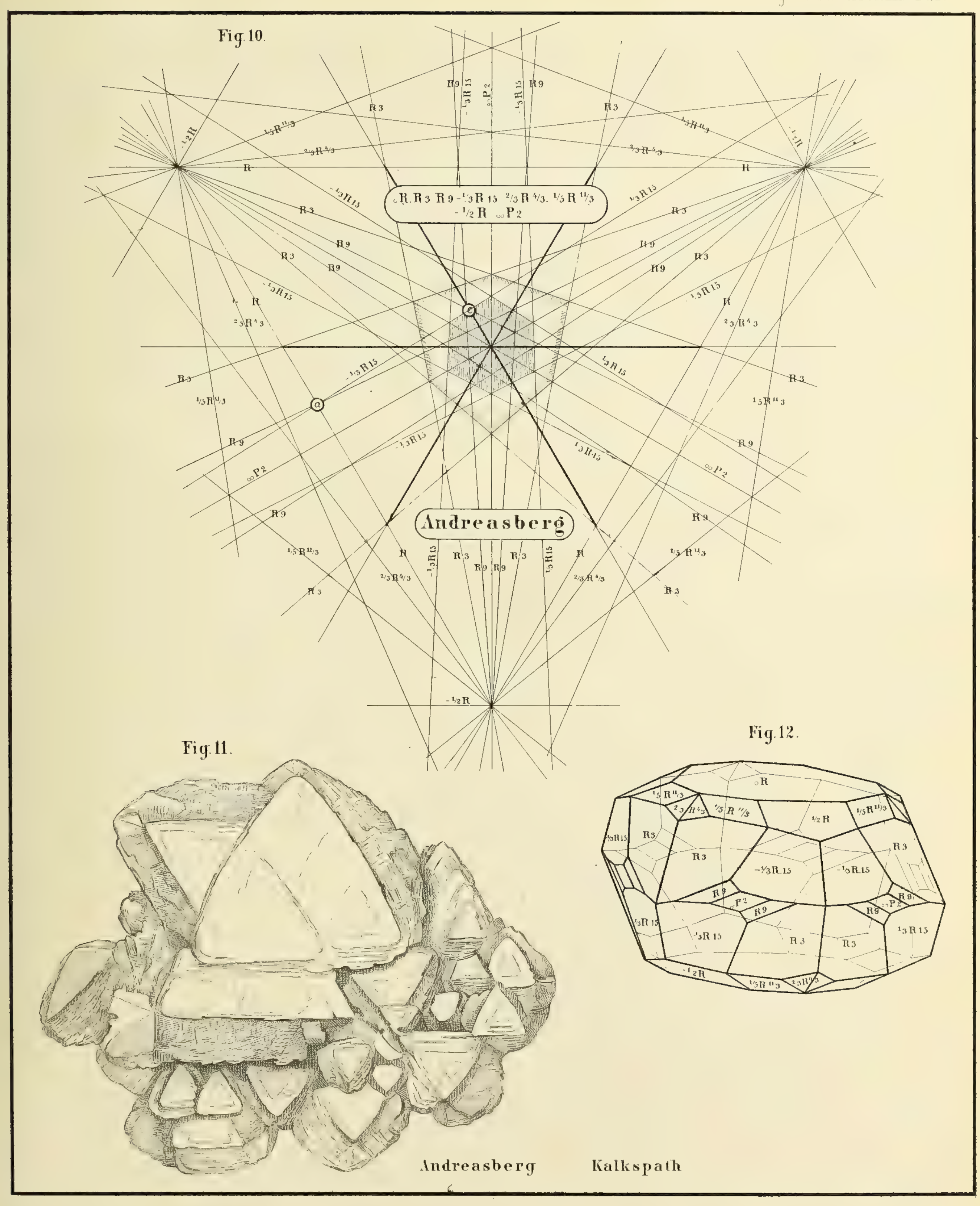
Man sieht, dass die Abweichungen von den Messungen zu oR und bei den Kanten für X und Y für $-\,^1/_3R15$ etwas grösser sind, als für $-\,^2/_5R12$, dass dagegen für Z die Annahme von $-\,^1/_3R15$ umgekehrt eine grössere Näherung bewirkt hat. Die Flächenzeichen sind aber in beiden Fällen sehr einfach, unter Rücksichtnahme auf die Unvollkommenheit der Flächenbildung auch die Differenzen beiderseits zu gering zur Entscheidung. Deshalb legen wir die letztere in diesem besonderen Falle nur in das für $-\,^1/_3R15$ reichere Zonenverhältniss, adoptiren **dieses** Skalenoëder und tragen sein Zeichen in die Figg. 10 und 12 ein. In einer Zonenprojection übrigens, so genau sie auch gezeichnet sein möge, lässt sich eine Sectionslinie $-\,^2/_5R12$ von einer $-\,^1/_3R15$ nicht unterscheiden, so sehr nahe liegen sich beide Formen, trotz des auffallenden Unterschiedes ihrer secundären Symbole mRn. Je steiler die fraglichen Formen sind, je mehr also ihre Sectionslinien sich dem Mittelpunkt der Projection nähern, desto unbrauchbarer wird letztere als messendes Controlirungsmittel, desto unempfindlicher als graphisches quantitatives Reagens; es ist, als wolle man ganz feine Gewichtsunterschiede mit einer sehr schweren Waage ermitteln.

Es liegt in diesen Schwierigkeiten eine Art von Berechtigung zur Skepsis und eine Warnung vor übereilter Annahme neuer Skalenoëder-Flächenzeichen bei dem so unendlich wechselvollen Kalkspath. Eine völlige Sicherheit bietet sich nur da, wo wenigstens ein Theil einer Fläche ein völlig einfaches, ungestörtes Spiegelbild liefert. Aber die Erfahrung lehrt, dass dies im Ganzen doch unter den vielen Flächen des Kalkspaths nur bei wenigen der Fall ist. Bei unvollkommen gebildeten, daher unsicher messbaren Flächen, wenn solche auf hochziffrige Symbole führen, ist es gewiss rathsam, durch Einführung kleiner Remeduren in den Kantenmaassen eine Vereinfachung der Zeichen oder ein Eintretenmachen in Zonenreihen zu versuchen. Doch muss man sich hüten, darin zu weit zu gehen. Die Annahme von allzu grossen Differenzen zwischen Messungs- und Rechnungsresultat überschreitet sonst die Grenze des Wahrscheinlichen nach der entgegengesetzten Seite hin, auf welcher man sich doch auch vor Missgriffen zu hüten hat. Eine Fläche hat entweder gar keine theoretische Berechtigung oder eine solche, welche mit ihrer wirklichen Erscheinung nahe übereinstimmt. Auch haben wir noch keine Entscheidung der wichtigen Frage gewonnen, ob im System der Kalkspathkrystallisation mehr durchgreifend eine Vereinfachung der Parameterschnitte angestrebt werde, oder mehr eine Bereicherung des Zonenzusammenhangs, welchem der beiden Principien in Collisionsfällen also der Vorrang beizulegen sei. Ob das innerste Gesetz der Kalkspathkrystallisation der Hochzifferigkeit der Parameter widerstrebt, oder sie nicht vielmehr begünstigt, wie es ja auch z. B. beim Quarz der Fall ist, und bis zu welchem Grade, ist die Frage, zu deren Beantwortung es gerade auf die feinsten und zahlreichsten factischen Wahrnehmungen und Beobachtungen ankommt, welche aber nicht durch theoretische Schlussfolgerung a priori entschieden werden kann. Die neueren Untersuchungen haben bereits an vielen Beispielen gezeigt, dass sich die Kalkspathflächen oft aufs äusserste dem Parallelismus mit irgend einer Zonenaxe annähern, diese Lage aber dennoch nicht mathematisch genau erreichen, eine Divergenz, so gering, dass sie kaum unmittelbar am Reflexionsgoniometer, noch weniger aber an einer Zonenprojection, sondern nur durch die Berechnung zu constatiren möglich ist. Da andererseits gut gebildete und dennoch hochbezifferte Flächen zu allen Zeiten am Kalkspath beobachtet und bestimmt worden sind, wie sie sich denn auch z. B. in Des Cloizeaux's bewunderungswürdiger sphärischer Zonen-Projection zahlreich nach älteren Forschern unbeanstandet aufgenommen finden, so würde es immerhin gewagt sein, ohne Autopsie eine neu entdeckte Fläche deshalb theoretisch zu verwerfen und durch eine andere zu substituiren, weil sie sich einer Zone blos annähert, oder weil ihr Zeichen mit einer gewissen Aenderung der Flächenlage einfacher gestaltet werden könnte. Wir stehen eben hier offenbar nicht mehr innerhalb

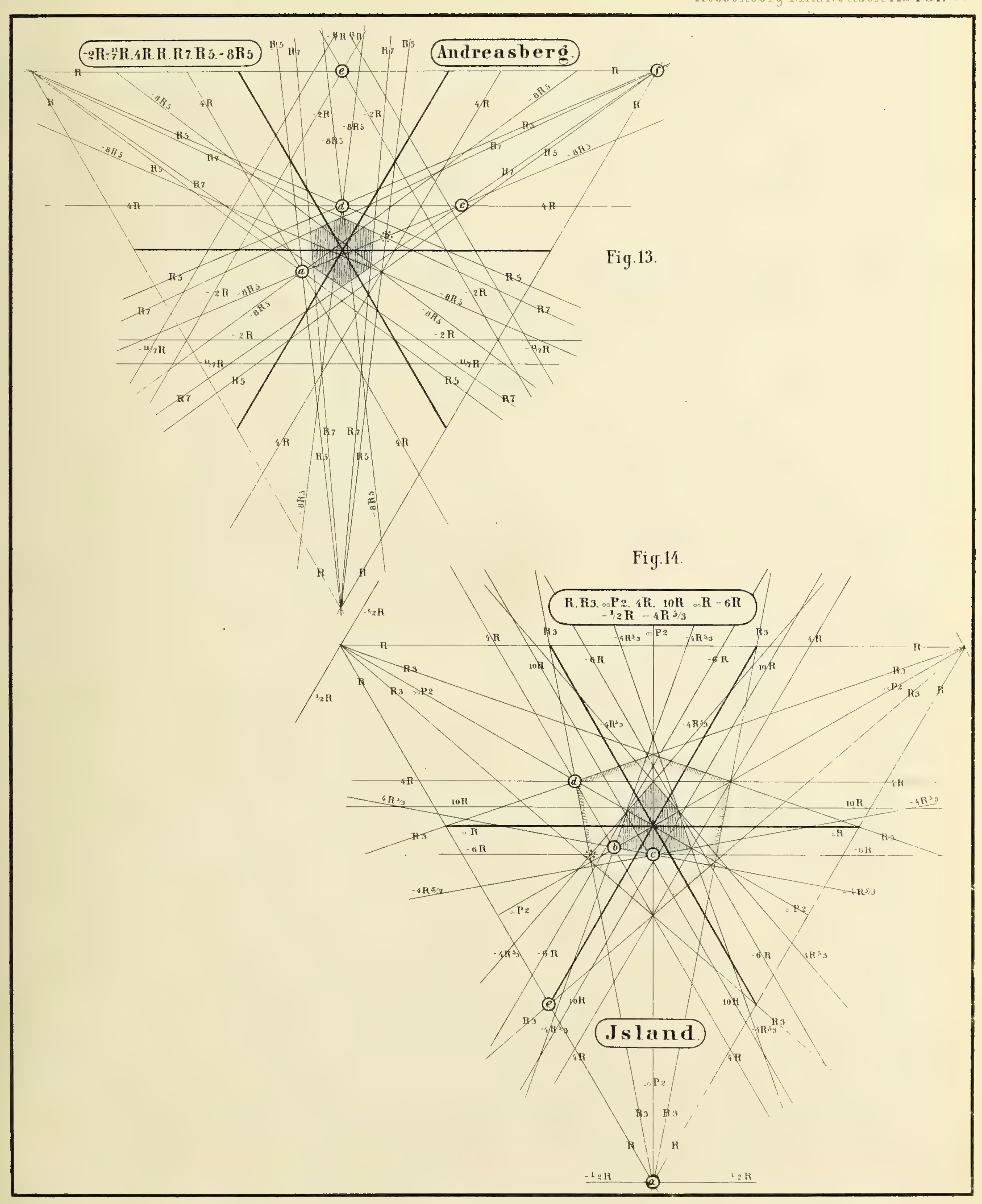
des Bereichs der rechnenden strengen Beweisführung. Es ist klar, dass bei einer zweideutig unvollkommen gebildeten Fläche der Krystall eine erstrebte, bestimmte, krystallonomische Flächenlage nur unvollkommen, mehr oder weniger nahe erreicht hat, und dass es dann die Aufgabe der Untersuchung sein muss, nicht sowohl die entstandene Pseudofläche zu bestimmen, sondern ihr eigentliches Prototyp zu ermitteln. Indem man in dem Tasten nach dem Wahrscheinlichen hierbei einen Spielraum benöthigt und ein Mehr oder Weniger zulassen muss, entzieht sich die Entscheidung theilweise der mathematischen Präcision, jener eigentlichen Grundlage krystallographischer Bestimmungen und gelangt auf das Feld der Vermuthungen. Man darf solcher Sachlage gegenüber wohl die Warnung entnehmen, bei neuen, isolirt stehenden, an sich auffallenden Flächenbestimmungen am Kalkspath weder zu bereitwillig im Glauben, noch zu geneigt zum Verwerfen zu sein, dagegen aber nach wiederholten Beobachtungen derselben Thatsachen zu streben.


Fig. 1.
P. ∞P. 3P3
Xenotim.
Fig. 2.
Binnit.
Fig. 3.
Binnit.
Fig. 4.
Jsland.
Kalkspath.
Fig. 5.
Jsland.
Kalkspath.
Fig. 6.
Binnit.
Fig. 7.
Binnit.
Fig. 8.
Kalkspath.
Andreasberg.
Fig. 9.




Fig. 10.
Andreasberg
Fig. 11.
Fig. 12.
Andreasberg
Kalkspath




-2R.-11/7R.4R.R.R7.R5.-8R5
Andreasberg.
Fig.13.
Fig.14.
R.R3. ∞P2. 4R. 10R ∞R -6R
-1/2R -4R5/3
Jsland.


NATURAL HISTORY

Ueber den Bau, die Entwicklung und physiologische Bedeutung der Rectaldrüsen bei den Insekten.

Von

Dr. Carl Chun.

Mit 4 Tafeln.

Unter die mannichfachen Organe in der Insektenwelt, deren physiologische Bedeutung noch räthselhaft erscheint, zählt man auch die sogenannten Rectaltaschen oder Rectalpapillen. Ihr weitverbreitetes Vorkommen in dem Mastdarme der *Imagines*, ihr merkwürdiger Bau und ihre Formverschiedenheiten mussten Staunen erregen und, wie leicht zu denken, zu verschiedenen Vermuthungen über ihre Function Veranlassung geben. Bereits Swammerdam (Bibel der Natur, Taf. 18 Fig. 1) hatte diese Organe als sechs längliche Wülste bei der Honigbiene wahrgenommen; Suckow (Heusinger's Zeitschrift Bd. III.) bezeichnete sie bei *Vespa crabro* und *Apis mellifica* als callöse Anschwellungen. Andere Zootomen, wie Brandt und Ratzeburg (medic. Zoologie Bd. II., von der Honigbiene), sowie Burmeister (Handbuch Bd. I.) erwähnen sie nur obenhin, während sie Léon Dufour (Recherches sur les orthoptères) von verschiedenen Orthopteren, Neuropteren und Hymenopteren als »boutons charnus« abbildet und mit Defäcation in Beziehung setzt. Lyonet (Mém. d. mus. Tom. 20) und Treviranus (verm. Schriften Bd. II.) fanden sie bei Schmetterlingen auf und deuten sie als Drüsen, eine Auffassung, der auch Newport (Cyclop. Vol. II. p. 170) beitritt, wenn er dieselben »glandular protuberances« nennt. Leuckart gebührt das Verdienst, in diesen bisher nur einzeln beobachteten Gebilden ein Organ von weiter Verbreitung erkannt und das Vorkommen, wie den Bau desselben durch die einzelnen Insektengruppen hindurch verfolgt und dargestellt zu haben (Lehrbuch der Zootomie von Frey u. Leuckart, Wirbellose Thiere). Er bezeichnet die Wülste als taschenförmige Organe und möchte sich am ehesten für eine drüsige Natur derselben entscheiden. Später (Bergmann und Leuckart, Vergleichende Anatomie und Physiologie S. 112) nennt er sie geradezu »Rectaldrüsen«. Auch

v. Siebold (Vergl. Anatomie, Bd. II. S. 594) macht auf die weite Verbreitung jener »problematischen Wülste« aufmerksam.

Die erste genauere histologische Beschreibung der Rectalpapillen bei *Musca vomitoria* rührt von Leydig (Lehrbuch der Histologie S. 337) her. Er zog auch die Rectalpapillen anderer Insekten mit zur Beobachtung heran, doch entgingen ihm manche wichtige Momente, die sich zum Theil erst bei Anwendung von zu jener Zeit noch nicht gebräuchlichen Reagentien entscheiden lassen, zum Theil nur durch Berücksichtigung der übrigen Structur des Mastdarmes ihre Erklärung finden. Geleitet durch die Analogie mit den Mastdarmkiemen der Libellenlarven ist er geneigt, die Rectalpapillen mit einer Darmathmung in Verbindung zu setzen.

Gegen ihre drüsige Natur spricht sich auch Weismann (Entwicklung der Dipteren S. 216) aus, der die Entwicklung derselben bei *Musca vomitoria* und *Sarcophaga carnaria* verfolgte, ohne jedoch, wie er selbst sagt, im Stande zu sein anzugeben, was sonst ihre Functionen sind. Gegenbaur endlich (Vergl. Anatomie) deutet sie als Rudimente von Tracheenkiemen.

Angesichts so weit aus einander gehender Ansichten muss es auffallen, dass bis jetzt keine eingehenderen Beobachtungen über die fraglichen Organe vorliegen. Eine Entscheidung über die Bedeutung derselben kann nur durch eine vergleichend histologische Untersuchung getroffen werden, und auf Grund derselben hoffe ich darzuthun, dass man es in diesen Gebilden mit eigenthümlich modificirten Partieen des Mastdarmepithels zu thun habe, dass ihnen dieselbe Function wie letzterem zukommt, also die Bezeichnung von »Rectaldrüsen« gerechtfertigt erscheint. Um Weitläufigkeiten zu vermeiden, präsumire ich einstweilen diesen Namen und werde auf dessen Rechtfertigung später ausführlich zurückkommen.

So soll denn zunächst die histologische Structur der typischen Rectaldrüsen bei den einzelnen Insektenclassen speciell geschildert werden, um dann hieraus Folgerungen über die Natur und Function der fraglichen Gebilde zu ziehen und einen Blick auf die morphologische Uebereinstimmung mit den Mastdarmkiemen der Libellenlarven zu werfen und schliesslich die Entwicklung ersterer, wie ich sie bei *Apis mellifica* und bei Schmetterlingen, speciell bei *Liparis salicis* und *Vanessa urticae*, verfolgte, in Zusammenhang mit den Erscheinungen der Histolyse bei denselben darzustellen.

In ihrer vollendetsten Ausbildung zeigen sich die Rectaldrüsen bei den Dipteren (vergl. Taf. I. Fig. 1 von *Musca vomitoria*). Sie scheinen hier ziemlich allgemein in der Vierzahl verbreitet zu sein, nur *Pulex* weist deren sechs auf. Als vier conische Zäpfchen liegen sie in einem sehr dehnbaren Abschnitte des Mastdarmes, wo sie, so lange keine Speisereste vorhanden

sind, mit ihren Spitzen fast zusammenstossen. Beachtet man zunächst die übrige Darmwandung, so fällt auf, dass derselben die Epithellage fehlt — ein, wie sich ergeben wird, sehr wichtiger Umstand für die Beurtheilung der fraglichen Gebilde. Um so mächtiger ist dagegen die Intima (i) und Muskulatur entwickelt. Erstere faltet sich bei Contraction der Ringmuskulatur in eine Unzahl von feinen Fältchen zusammen, die ein verworrenes Ansehen darbieten. Zunächst auf der Intima liegt die Längsmuskulatur (m. l.), deren einzelne, mit zahlreichen runden Kernen versehenen Stämme sich nicht zu compacten Bündeln vereinigen, sondern allseitig längs des Mastdarmes hinlaufen. Die Längsmuskeln umgibt nach Aussen eine ebenso kräftige Quermuskulatur, deren einzelne Muskeln sich nur wenig verästeln und sich meist an den Ring der Rektaldrüse anheften. Man erkennt an diesem Bau, dass die »Rectaltasche« (wie man bei den Dipteren den die Drüsen bergenden Abschnitt des Mastdarmes nannte), auf weitgehende Dehnungsverhältnisse eingerichtet ist. In der That ist sie oft dermaassen mit Speiseresten angefüllt, dass sie dem Chylusmagen an Umfang gleichkommt.

Untersucht man die Structurverhältnisse der Drüse nach Querschnitten, so erkennt man, dass kurz vor der Stelle, wo sich die Rectaldrüse in den Darm einstülpt, die Faltungen der Intima aufhören, zugleich auch, dass sie sich zur Umgrenzung der ersteren gewissermaassen in zwei Lamellen theilt, deren eine die nach dem Darmlumen gekehrte Seite der Drüsenlage umgibt, während die andere eine innere Grenzmembran derselben bildet. Die Muskulatur erstreckt sich nicht über die Drüse hinüber. Die erste Lamelle ist auf ihrer gesammten Oberfläche mit Chitinborsten (s) besetzt und zwar der Art, dass die Zahl derselben, sowie die Anzahl der von ihnen ausgehenden Häkchen nach der Spitze hin zunimmt. Den wichtigsten Theil der Drüse bildet eine wohl entwickelte Epithellage (e), deren Zellgrenzen an der Aussenfläche der Drüse eine unregelmässig sechseckige Form haben (vergl. Fig. II.), ohne Anwendung von Reagentien aber nicht sehr deutlich zu erkennen sind. Die mittlere Länge der Zellen beträgt 0,1 Mm.; an der Basis sind sie am breitesten, während sie nach der Spitze zu allmälig abnehmen. Im Zusammenhange damit, dass sie hier dem Andrange des Speisebreies am meisten ausgesetzt sind, haben sich ihre Wandungen beträchtlicher verdickt. Die Kerne sind rund 0,009 bis 0,016 Mm. gross und bergen ein oder mehrere Kernkörperchen.

An der Basis verdickt sich die Intima zu einem Ringe (a), dessen Rand gekerbt erscheint. Er dient wahrscheinlich dazu, bei den starken Dehnungen der Rectaltasche die Rectaldrüse vor Zerrungen zu bewahren. Er ist das Abscheidungsprodukt einer sehr merkwürdig gestalteten auf ihm liegenden Matrix. Ich konnte dieselbe deutlich nur bei Anwendung vorsichtiger Behandlung mit Goldchlorid wahrnehmen, und dabei stellt sie ein sehr zartes Häutchen dar, in

dem in regelmässigen Abständen in der Nähe des Randes ovale Kerne liegen. Um diese gruppirt sich das Plasma dichter und zieht sich bis an den inneren Rand des Ringes. Je einer Kerbe entspricht ein Kern mit einem daran anschliessenden und von dem übrigen Plasma sich abzeichnenden Faden. Deutliche Zellgrenzen konnte ich nicht wahrnehmen, obwohl aus der regelmässigen Lage der Kerne zu schliessen ist, dass diese früher wenigstens vorhanden waren und wahrscheinlich verschwanden, nachdem jede Zelle ihren Antheil an dem Ringe gebildet hatte.

Die Höhlung dieses Epithelzapfens ist innen mit einem Bindegewebe und der für die Rectaldrüsen, wie schon von Leuckart hervorgehoben wurde, so charakteristischen reichen Tracheenverästelung ausgefüllt. Was zunächst die Tracheen betrifft, so treten an jede Papille gewöhnlich zwei grössere Stämmchen heran, die sich bei dem Eintritt in den Innenraum dichotomisch immer feiner verästeln und in dem Ende derselben in ein Capillarnetz sich auflösen, dessen einzelne Aestchen umbiegen und wieder in grössere Stämmchen zurücklaufen. Auf diese Weise entsteht in jeder Papille ein vollständig geschlossenes System von Tracheen mit Stämmen und Capillaren, einem Wundernetze vergleichbar. Dazu kommt übrigens noch eine Anzahl zarterer Stämmchen, die den Ring ungefähr in seiner Mitte durchbohren und dann in die Epithellage eintreten, um die einzelnen Zellen zu umspinnen. Von der innerhalb des Bindegewebes verlaufenden Partie der Tracheen treten keine zu der Epithellage.

Das Bindegewebe ist ein zellig-blasiges Gewebe, in dem meist die Zellgrenzen deutlich nachweisbar sind. Die runden Zellen messen 0,008 Mm., ihre Kerne 0,005 Mm. Oft sind edoch die Zellgrenzen nicht mehr wahrzunehmen und die Kerne liegen innerhalb einer protoplasmatischen Schicht, die sich namentlich an der Seite, wo sie an die Epithellage stösst, in feine von einer zarten Membran begrenzte Fäden auszieht.

Ganz allgemein tritt ein Nervenstämmchen in die Drüsen ein, das sich innerhalb des Bindegewebes theilt und dessen Aeste gegen die Epithelzellen herantreten; doch gelang es nicht die feineren Endigungsweisen zu verfolgen.

Bei den Hymenopteren treten zumeist sechs längliche, flache, von einem Chitinring eingefasste Rectaldrüsen auf. Als typisches Beispiel sei hier die Organisation desselben bei *Apis mellifica* specieller geschildert. Die sechs Drüsen sind durchschnittlich $1^1/_2$ bis 2 Mm. lang und etwa $^1/_4$ Mm. breit und rings von einem Chitinring umgeben (Taf. II. Fig. 1. a). Zunächst fällt wieder die reiche Tracheenverästelung in denselben in das Auge. Ein Tracheenstämmchen theilt sich in einiger Entfernung von der Drüse in mehrere Aeste, die dann getrennt in letztere eintreten und durch wiederholte Verästelung je ein capillares Geflecht bilden. Ist

die Luft aus denselben ausgetrieben, so lassen sich bei Zuhülfenahme von Reagentien auf der das Lumen des Darmes bildenden Seite der Drüsen mit Bestimmtheit die Grenzen der ganz regelmässig sechsseitigen Epithelzellen erkennen (e), die auch hier die Hauptmasse der Wülste bilden. Die Zellen sind, wie diejenigen der Dipteren mit einem feinkörnigen Plasma erfüllt und zeigen einen deutlichen, ovalen 0,025 Mm. langen Kern mit einer grösseren, jedoch sehr wechselnden Zahl von Kernkörperchen. Die peripherischen Zellen sind ein wenig dunkel pigmentirt. Die gegen das Darmlumen gekehrten Köpfe der Zellen bilden eine continuirlich zusammenhängende Membran, die durch ihre Verbindung mit der Intima als deren Fortsetzung erscheint, und zwar als innere, da dieselbe sich, wie bei *Musca*, an dem Chitinring in zwei Lagen theilt.

An den übrigen Stellen des Mastdarmes lassen sich keine Epithelzellen nachweisen; doch findet man bisweilen unter der Intima noch einzelne Kerne, die nicht der darunter liegenden Muskelschicht angehören. Sie sind der letzte Ueberrest einer früher vorhandenen sehr zarten Matrix (ma), wie sie in Fig. 1 von einer in der zweiten Hälfte des Puppenstadiums befindlichen Biene gezeichnet sind. Zu dieser Zeit lassen sich, namentlich bei Behandlung mit Goldchlorid die Zellgrenzen noch deutlich nachweisen — späterhin aber werden dieselben resorbirt, und oft ist bei dem ausgebildeten Insekt keine Spur der früheren Zelllage mehr aufzufinden.

Die Intima legt sich auch hier in zahlreiche Falten, doch nicht in dem Grade, wie bei den Dipteren. Ein Nervenstämmchen (n) tritt in die Epithellage ein und verzweigt sich gleich nach dem Eintritt. — Die bei den Dipteren so charakteristisch entwickelte Bindegewebslage tritt bei den Hymenopteren auffallend zurück. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Längs- und Quermuskulatur sich meist auch unter den Drüsen herzieht. Die letztere repräsentirt ziemlich solide, parallel verlaufende Fasern, die seltener durch Verästelung untereinander communiciren, während die Längsmuskulatur fast durchweg eine mehr oder minder reiche Verästelung zeigt, sehr reich z. B. bei *Sirex giganteus*. Im Ganzen lassen sich im ausgebildeten Zustand jedoch immer einige Hauptstämme erkennen, ohne dass diese jedoch, wie bei den Orthopteren, zu sechs zwischen den einzelnen Drüsen verlaufenden Zügen sich vereinigen.

Die Gestalt der Rectaldrüsen ist bei den Hymenopteren ziemlich wechselnd; bald länglich (*Apis*, *Vespa*), bald kreisrund wie bei *Formica*, aber der Bau zeigt trotzdem nirgends eine erhebliche Abweichung.

Auch die Zahl kann variiren. Schon Leuckart beschreibt bei kleinen Ichneumoniden die Rectaldrüsen als vier conische nach Innen gestülpte kleine Blinddärmchen. Bei einer anderen Ichneumonide, dem *Ophion luteum*, fand ich zwölf unregelmässig im Mastdarme vertheilte kreis-

runde 0,2 Mm. breite Drüsen, die auf dem Querschnitte meist 5 bis 6 Epithelzellen zeigten, sonst aber den oben von *Apis* geschilderten Bau wiederholten.

Die Orthopteren zeigen in der Anordnung und Structur ihrer Rectaldrüsen ziemlich ähnliche Verhältnisse, wie die Hymenopteren. Auch bei ihnen findet man sechs längliche (bei *Forficula* runde) Rectaldrüsen, die (vergl. Taf. II. Fig. II. *Locusta viridissima*) jedoch so breit sind, dass sie nur schmale Zwischenräume frei lassen, in denen dann die zu Bündeln vereinigten Längsmuskeln hinlaufen. Ein Chitinring lässt sich meist erkennen; sehr deutlich z. B. bei *Forficula*. Gewöhnlich tritt zu jeder Drüse ein Tracheenstamm, dessen Aeste zuerst am Grunde derselben hinziehen und von hier aus immer feiner sich zertheilende und die einzelnen Zellen umspinnende Stämmchen aussenden. Dabei konnte ich die Matrix, namentlich bei Carminfärbung oft bis zu den feinsten Aestchen zwischen den Epithelzellen verfolgen. Letztere zeigen auf der inneren Drüsenfläche wieder jene regelmässig sechsseitigen Zellgrenzen. Die 0,016 Mm. grossen Kerne sind rund und liegen meist etwas über der Mitte der Zellen nach dem Darmlumen zu. Sie bergen ebenfalls eine grosse Anzahl von Kernkörperchen. Die, namentlich bei *Gryllus campestris* auf der Drüsenlage sehr dicke Intima lässt sich in ihrer Continuität leicht verfolgen. An den von den Rectaldrüsen freigelassenen Stellen erhält sich die Matrix meist noch als zarte in die Epithelzellen übergehende Schicht mit deutlichen Zellgrenzen. — Während das Bindegewebe bei den Hymenopteren fast ganz zurücktrat, zeigt es sich bei den Orthopteren wieder ausserordentlich entwickelt. Es gehört zum zelligblasigen Gewebe mit deutlichen, bei *Locusta viridissima* 0,008 Mm. grossen Kernen innerhalb der 0,014—0,025 Mm. breiten Zellen und erfüllt den Zwischenraum zwischen der unter den Drüsen hinziehenden Quermuskulatur und der Epithellage. In günstigen Fällen konnte ich eine, wenn auch im Verhältniss zu der Grösse der Zellen, nur schwach entwickelte Intercellularsubstanz erkennen. Regelmässig verästelt sich ein Nerv in der Epithellage. Innerhalb seiner Scheide verlaufen oft Tracheenstämmchen (vergl. Fig. II. n), die, wenn noch mit Luft erfüllt, im frischen Zustand die Verbreitung der grösseren Nervenäste innerhalb der Epithellage erkennen lassen. Ist die Darmwandung durch die Ringmuskeln contrahirt, so stülpen sich die Drüsen leistenförmig in das Darmlumen vor, so dass auf dem Querschnitt Bilder entstehen, wie bei *Musca* (Fig. II. B).

Die Neuropteren zeigen Verhältnisse, die denen der Orthopteren analog sind. Gewöhnlich finden sich, wie bei den Libellen, sechs längliche Rectaldrüsen; rund sind sie bei *Hemerobius*. Die Zahl kann beträchtlich variiren — so fand Leuckart bei *Limnophilus* an 30—40. Auch in der Organisation wiederholen die betreffenden Organe mit geringen Abweichungen die bei den Orthopteren beschriebenen Verhältnisse.

Etwas abweichender gestaltet sich der Bau bei den Lepidopteren.

Der kurze, weite Mastdarm dieser Thiere ist am Anfang bekanntlich in einen blinddarmigen Fortsatz ausgezogen und diese beiden Schläuche sind immer mit einer beträchtlichen Zahl (etwa 60—200) von Rectaldrüsen, die meist einen zarten Chitinring tragen, dicht besetzt. In jeder dieser verästelt sich ein Tracheenstämmchen, auch konnte ich manchmal ein zartes Nervenstämmchen auffinden, das in dieselben einlief. Auf dem Querschnitte zeigen die Rectaldrüsen sämmtlicher untersuchten Lepidopteren mit Ausnahme einiger Motten übereinstimmende Verhältnisse.

Die Epithelschicht und das hier stark entwickelte Bindegewebe sind in zwei fast ganz gleich grosse Partien geschieden. Die Intima (Fig. III. u. IV. auf Taf. I.) theilt sich, wie gewöhnlich, in zwei Lamellen zur Begrenzung der Epithellage. Ferner lässt sich noch eine dritte Membran unterscheiden, die, als ein Verschmelzungsprodukt der äussersten Bindegewebselemente, die untere Begrenzung der Drüse bildet und ebenfalls in die Intima übergeht.

In der Epithellage lassen sich bald wenige, bald eine ansehnliche Zahl von Kernen in wechselnder Grösse und Gestalt erkennen. Meist sind sie rundlich, am grössten bei den Motten, wo sie durchschnittlich 0,016 Mm. messen. Hier treten sie auch in beträchtlicherer Menge auf, als bei den übrigen Schmetterlingen, meist 20—30 an Zahl — wie überhaupt die Rectaldrüsen der Motten bei geringerer Anzahl fast doppelt so gross als die übrigen Schmetterlinge sind. Sie messen durchschnittlich 0,25 Mm., während z. B. bei den verschiedenen Arten von *Sphinx* ihre Grösse 0,175—0,12 Mm. nicht übersteigt. Bei *Sphinx populi* und *Sphinx oleandri* fand ich in einigen wenigen Fällen einen deutlich verästelten Kern mit einer kleinen Anzahl runder daneben, die von ihm abgetheilt schienen. Ob einer Kerntheilung immer eine Verästelung desselben vorangeht, finde ich nach dem vereinzelten Vorkommen nicht für wahrscheinlich, obwohl man bei den Drüsenapparaten der Raupen kurz vor der Kerntheilung, namentlich vor Beginn der histolytischen Vorgänge, die Kerne am reichsten verästelt findet.

Was die Rectaldrüsen der Lepidopteren jedoch am auffallendsten vor denen der übrigen charakterisirt, ist der Umstand, dass, trotz der Anwesenheit mehrerer Kerne, Zellgrenzen sich selbst bei Anwendung von Reagentien nicht auffinden liessen.

Das Plasma ist sehr feinkörnig und bildet meistens um die Kerne einen helleren Hof. Bei Motten ist seine obere Partie gewöhnlich heller, homogen und ohne Kerne (vergl. Fig. IV). Unter der Itima an den von Rectaldrüsen freien Stellen des Mastdarmes lassen sich namentlich bei kurz ausgeschlüpften Schmetterlingen noch leicht Kerne von unregelmässiger Gestalt nachweisen. Es sind dies die Ueberreste einer früheren Epithellage.

Das Bindegewebe ist ziemlich stark entwickelt, bei Motten tritt es dagegen fast ganz zurück. Es besteht aus zahlreichen Zellen, sehr ähnlich den Bindegewebszellen der Dipteren, mit Kernen, die bei den Arten von *Sphinx* z. B. meist 0,004 Mm. messen. Die Muskulatur zieht auch unter den Rectaldrüsen her und ist ausserordentlich reich verästelt, ohne dass sich jedoch die einzelnen Muskelfasern zu grösseren Bündeln oder zu regelmässigen Parallelzügen vereinigten, die zu intensiveren Leistungen befähigt schienen, was wohl mit der Ernährungsweise der Schmetterlinge im Zusammenhang steht.

Bekanntlich fehlen die Rectaldrüsen den Coleopteren, Rhynchoten und sämmtlichen Larven. Unter ersteren macht nach einer von Prof. Leuckart mir gemachten mündlichen Mittheilung nur *Cyphon* eine Ausnahme. Auch bei *Silpha* sollen sie nach einer Angabe Leydig's in grösster Anzahl vorkommen, doch stand mir kein Material davon zu Gebot. Ich bin jedoch überzeugt, dass man sie bei eingehender Prüfung auch noch bei anderen Arten aus obigen Classen auffinden wird. So weit ich übrigens die Käfer, Hemipteren und Larven untersuchte, fand ich im Mastdarm nur eine typische, ununterbrochene Epithellage, diese aber sehr regelmässig — ein Umstand, der über die physiologische Deutung der Rectaldrüsen einen Fingerzeig darbietet.

Vergegenwärtigt man sich noch einmal den Bau der Rectaldrüsen bei den verschiedenen Insektenclassen, so erkennt man alsbald, dass sich dieselben im Allgemeinen auf ein einfaches Schema zurückführen lassen. Ueber sie weg läuft die Intima, die mit einer zweiten Lamelle unter der Epithellage herzieht. Die letztere bildet in allen Fällen den hervortretendsten und wichtigsten Theil der in Rede stehenden Gebilde. Sie erscheint in der Regel unter der Form eines Cylinderepithels mit regelmässig sechskantigen Zellen. Darunter findet man mehr oder minder mächtig entwickelt eine Bindegewebslage, unter der wiederum zunächst die Längsmuskeln und dann die Ringmuskeln wegziehen. In den Rectaldrüsen treten also alle Schichten auf, die überhaupt im Darmcanal der Arthropoden unterscheidbar sind: die Intima, die sie abscheidende Darmdrüsenlage, die bindegewebige Tunica propria und die Muskelschichte. Eine seröse Hülle fehlt bekanntlich im Allgemeinen den Insekten und scheint nur am Wanzenmagen als zarte Haut ausgebildet.*) Berücksichtigt man nun den Umstand, dass in allen Fällen, wo Rectaldrüsen sich vorfinden, das Mastdarmepithel an den von ihnen freigelassenen Stellen entweder gänzlich fehlt, oder nur noch als zarte leicht zu übersehende Matrix unter der Intima

---

*) Vergl. über den feineren Bau des Insektendarmes Leuckart, in der Zootomie von Wagner II, S. 62.

herzieht, berücksichtigt man ferner, dass regelmässig, wo Rectaldrüsen fehlen, ein typisches Drüsenepithel im Mastdarm sich vorfindet, so kann kein Zweifel darüber bestehen, dass diese, ihrer Bedeutung nach bis jetzt noch räthselhaften Organe, das in eigenthümlicher Weise modificirte Mastdarmepithel selbst repräsentiren. Man wird gewiss Nichts dagegen einzuwenden haben, wenn man denselben die Fähigkeit der Secretion zuschreibt, die dem Mastdarmepithel zukommt. Bekanntlich vermuthete Leydig in ihnen Respirationsorgane, geleitet durch die Analogie mit den Kiementracheen im Mastdarme der Libellenlarven; Weismann spricht sich ebenfalls gegen die drüsige Natur derselben aus, ohne jedoch angeben zu können, was sonst ihre Functionen sind. Leydig's Ansicht widerlegt sich schon durch den Gesammthabitus und Bau der Gebilde.

An ein Respirationswerkzeug stellen wir mit Recht die Anforderung, dass es einen möglichst flächenhaften Raum besitze, dass durch eine dünne Membrane der Gasaustausch mit dem umgebenden Medium vermittelt wird. Auf dies Grundprincip lassen sich sämmtliche Respirationsorgane in all' ihren Modificationen zurückführen. Bei den Rectaldrüsen finden wir dagegen nichts weniger als einen flächenhaften Bau; sie repräsentiren kuglige oder langgestreckte Gebilde von einem mehr massigen Bau. Dass sie allerdings durch Anpassung an die äusseren Lebensverhältnisse einen flächenhaften Bau annehmen und zur Respiration dienen können, werde ich später an den Mastdarmkiemen der Libellenlarven zeigen, an Organen, die morphologisch dieselben Gebilde wie die Rectaldrüsen sind. Auch die ausserordentlich reiche Tracheenverästelung kann keine Stütze für Annahme einer Mastdarmathmung darbieten, da z. B. um die Eierstockröhren oder um die Blinddärmchen des sogenannten Wanzenmagens eine mindestens ebenso reiche Verzweigung sich findet. Vielmehr scheint diese typische Tracheenverzweigung bei der Concentration des Mastdarmepithel's auf bestimmte Stellen und ferner die ganz allgemein verbreitete Endigung der Nerven in denselben auf eine erhöhte secretorische Thätigkeit hinzuweisen. Schliesslich würde schwer zu verstehen sein, auf welche Weise eine Darmathmung zu Stande kommen sollte, da der Darm weder jemals mit Luft oder Wasser, wohl aber häufig prall mit Koth erfüllt ist, und dies besonders bei den Dipteren, wo die Rectaldrüsen am vollkommensten ausgebildet sind. Eine andere Function, als die der Secretion, wie sie dem sonstigen Mastdarmepithel zukommt, würde auch schwer denkbar sein — ich habe wenigstens nie z. B. krystallinische Ablagerungen, wie die Harnsäurekrystalle in den Malpighischen Gefässen und in dem Fettkörper, in den Rectaldrüsen aufgefunden.

Wenn Gegenbaur in den Rectaldrüsen nur die Rudimente von Tracheenkiemen sieht, so gesteht er damit wohl zu, dass eine eigentliche Athmung durch sie kaum noch vermittelt

wird. Aber andererseits involvirt diese Auffassung doch die Annahme, dass die Organengruppe, der die Rectaldrüsen zugehörten, in ihren primitiven und hauptsächlichsten Repräsentanten respiratorische Function habe. Wären die Rectaldrüsen aber wirklich blos die letzten Ausläufer derartiger Gebilde, so dürfte man doch wohl erwarten, dass sie sich bei den Larven in allgemeiner Verbreitung fänden und nicht erst bei dem ausgebildeten Insekt. Nur in diesem Falle bekäme die Gegenbaur'sche Hypothese über die Priorität des geschlossenen Tracheensystems und damit verbundener Tracheenkiemenathmung einen erwünschten Halt, denn mit Auftreten von Stigmen konnten die Kiemen nach und nach, als ihrer Function enthoben, verkümmern. Wäre es also wahr, dass sich die luftathmenden Larven, z. B. die Schmetterlingsraupen, aus Thieren mit Tracheenkiemen im Mastdarm entwickelt hätten, dann stünde doch zu erwarten, dass sie, und nicht erst die Schmetterlinge, als Andeutung ihrer früheren Lebensverhältnisse die rudimentären Kiemen zur Schau trügen. Statt letzterer findet man bei den Larven eine homogene Epithellage, eine Bildung, die freilich nicht ausschliesst, dass gelegentlich auch bei ihnen schon Rectaldrüsen sich entwickeln, ja dass diese sogar unter Umständen zu wirklichen Respirationsorganen werden.

Es würde sich also schliesslich noch um eine Rechtfertigung des Namens »Rectaldrüsen« handeln. Stellt man an eine Drüse die Anforderung, dass sie durch Einstülpung entstanden sei oder wenigstens, wie die einzelligen Drüsen, einen Ausführungsgang habe, so kann man die Rectaldrüsen als ächte Drüsen nicht gelten lassen. Ich sehe jedoch nicht ein, warum diese Merkmale charakteristisch für Drüsen sein sollen. Gerade die einzelligen Drüsen zeigen so viele Uebergänge zu einfachen Epithelzellen, wie umgekehrt letztere einzeln oder alle den Charakter einzelliger Drüsen annehmen, dass man gewiss Leydig beistimmen wird, wenn er sagt, dass jede Epithelzelle, insofern ihr die Fähigkeit der Secretion zukömmt, als einzellige Drüse aufgefasst werden kann. So wird man auch von einer Drüsenlage reden können, wenn ihr, wie dem Epithel im Mastdarm die Fähigkeit der Secretion zukommt. Und schliesslich sind die ausgestülpten Kiemen ebenso gut Drüsen wie die Lungen. So mag es denn auch gerechtfertigt erscheinen, wenn man jene Gebilde, die eine eigenthümliche Gruppirung des Epithels repräsentiren, als Rectaldrüsen bezeichnet. Man müsste denn anderenfalls, um auszudrücken, dass man es nicht mit typischen Drüsen zu thun hat, einen neuen Namen erfinden, was gewiss unnöthig ist.

Jedenfalls stellen sie sich als eine interessante Zwischenform zwischen einer Drüsenfläche und einer ächten Drüse dar — der Raum, den sie beanspruchen würden, wenn sie durch Einstülpung der Darmwandung entstanden wären und der z. B. bei Dipteren gar nicht unbeträcht-

lich wäre, ist jedenfalls dadurch gespart, dass sie sich als Ausstülpungen in das Darmlumen erweisen.

Ich wende mich nun zur Beschreibung der Mastdarmkiemen der Libellenlarven und zwar speciell derer von *Libellula depressa*, jener so merkwürdigen Gebilde, die nicht blos bei ihren Entdeckern das höchste Staunen hervorriefen, sondern auch späterhin, sowohl wegen der sonderbaren Localisation der Athmung, als auch wegen ihrer reizenden Tracheenverästelung ein vielfach untersuchtes Object bildeten. Die Anordnung derselben in Längsreihen und ihre äussere Gestalt haben bereits Suckow (Heusinger's Zeitschrift Bd. II.), Léon Dufour (Annales des sciences nat. III. Série, Tome XVII.) u. A. so ausführlich beschrieben, dass ich, um nicht Bekanntes zu wiederholen, mich auf den Nachweis der morphologischen Uebereinstimmung mit den Rectaldrüsen beschränke. Hierzu bedarf es feiner Querschnitte durch die einzelnen Kiemenblättchen, die allerdings bei der Zartheit des Objectes nicht leicht herzustellen sind, allein, wenn gelungen, keinen Zweifel an der Uebereinstimmung im Bau lassen. Die Mastdarmkiemen erweisen sich ebenfalls als Ausstülpungen der Darmwandung und sind demnach aus zwei an der Spitze zusammenhängenden Lamellen gebildet (vergl. Taf. III, Fig. 1.). Ihre äussere Begrenzung bildet die Intima (i), die sich scharf von den darunter liegenden Geweben absetzt und continuirlich von einer Kieme zu der andern übergeht, an ihrer Basis sich etwas faltend. Im Zusammenhang mit der flächenhaften Ausbreitung tritt die Epithellage ziemlich zurück und gelangt nur an dem unteren Drittel der Kieme zur Ausbildung. Die Grenzen derselben sind meist unregelmässig (Fig. II) sechsseitig und lassen sich bei Anwendung von Reagentien leicht erkennen. Die einzelnen Epithelzellen im Mittel 0,025 Mm. lang, ihre Kerne messen 0,0045 Mm. Nach der Mitte der Kiemen zu werden sie immer dünner, bis die Epithellage als solche sich nicht mehr erkennen lässt, sondern in eine Matrix übergeht, in der einzelne Kerne noch deutlich sichtbar sind. Im Gegensatz zu der in ihrer Ausbildung zurücktretenden Epithellage ist das Bindegewebe stärker entwickelt und erfüllt als zellig-blasiges Gewebe den Zwischenraum zwischen beiden Lamellen und alle von Tracheen freigelassenen Stellen. Oft tritt es an einem Theile der Kiemenbasis in dicker Lage auf. Die grösseren zu den Kiemen verlaufenden Tracheenstämmchen ziehen zwischen der Muskellage durch, theilen sich meist dichotomisch, ebenso wiederum die kleineren Aeste, so dass gegen die Mitte der Kiemen zu ein äusserst feines System von dünnen Luftcapillaren entsteht, die dichtgedrängt bis zu der Spitze der Kieme verlaufen, hier umbiegen und sich später wieder zu stärkeren Stämmchen vereinigend ein geschlossenes System von Luftröhren bilden. Von ihrer Mitte an messen die Kiemen in ihrer Breite nur 0,008 Mm., so dass die Tracheenästchen also fast nur durch die zarte Intima von

dem umspülenden Wasser geschieden sind. Die Muskulatur, besonders die Quermuskulatur, ist sehr kräftig entwickelt und zu energischen Contractionen befähigt; eine Larve, die zufällig mit ihrem Hinterleibsende an die Oberfläche des Wassers geräth, spritzt das Athemwasser weit in die Höhe. Die Längsmuskeln sind zu Bündeln verengt, die unter der Quermuskulatur an der Aussenseite des Darmes verlaufen.

Die Analogie zwischen Mastdarmkiemen und Rectaldrüsen liegt demnach auf der Hand, ein principieller Unterschied ist nicht vorhanden. Nur mit Bezug auf die veränderte physiologische Leistung sind entsprechende Modificationen der Structur eingetreten: die Epithellage ist reducirt, dafür das Bindegewebe um so stärker entwickelt — kurz, die gesammten Gebilde in ihrer flächenhaften Gestaltung den veränderten äusseren Lebensbedingungen und der physiologischen Leistung angepasst.

Zwischenformen zwischen den Mastdarmkiemen der Libellenlarven und den typischen Rectaldrüsen erwähnt Leydig bei *Phryganea grandis.* Sie sollen umfängliche, länglich gestaltete, in das Innere von den Seiten her vorspringende regelmässig gestellte häutige Septen vorstellen, die zum Tragen von Tracheenausbreitungen dienen und in den freien Räumen dazwischen Anhäufungen von Blutkörperchen zeigen. Leider stand mir kein Material zu einer specielleren Untersuchung zu Gebote.

Bei den Larven sind bis jetzt weder ächte Rectaldrüsen, wie oben erwähnt, noch Zwischenformen, wie die von Leydig bei *Phryganea* geschilderten, aufgefunden worden. Ich möchte indess bei dieser Gelegenheit auf eigenthümliche Gebilde bei der Larve von *Eristalis tenax* aufmerksam machen, die zwar ihrer morphologischen Gestaltung nach weder mit den Mastdarmkiemen, noch mit den Rectaldrüsen übereinstimmen, jedoch eine interessante Combination der physiologischen Leistung beider Organe darbieten dürften.

Beobachtet man nämlich die in faulem Wasser sich herumtummelnden Larven, so hat man manchmal Gelegenheit eine grössere Anzahl, oft bis 20 ein bis anderthalb Linien lange Schläuche aus dem After heraustreten zu sehen, die kranzförmig um denselben gestellt eine Zeit lang im Wasser flottiren.

Von früheren Beobachtern der Larve fand ich keine Erwähnung derselben — vielleicht, dass man nicht allzuhäufig Gelegenheit bekommt, dieselben zu sehen. Zumeist konnte ich sie bemerken, wenn die Larven in reines Wasser gebracht wurden. Bei näherer Betrachtung erweisen sie sich als um den After gestellte Blindschläuche (Taf. III. Fig. III.), ausgekleidet von sechseckigen, grosse Kerne enthaltenden Epithelzellen, die einfache Fortsetzungen des Mastdarmepithels repräsentiren. An ihre Spitzen heften sich ein oder zwei sehr contractile Muskel-

fäden. Ausserdem sind sie von starken, sich fein verästelnden und an der Spitze umbiegenden Tracheenästen umsponnen. So in das Innere des Leibes zurückgezogen, stellen sich die Schläuche als unzweifelhafte Drüsen dar und leisten allen Anforderungen, die man an den Bau einer ächten Drüse stellt, Genüge. Sie erweisen sich als einfache lange Einstülpungen des Mastdarmendes, denen ich dieselben Functionen, wie dem Mastdarme selbst, zuschreibe, da ich sie öfter mit dem Inhalte des Darmes angefüllt fand. Stülpt nun die Larve, jedenfalls dadurch, dass sie das Blut nach dem After presst, die Drüsen aus, etwa wie man einen Handschuhfinger umstülpt, so kommen die Tracheen und die Muskeln in ihr Lumen zu liegen. Dabei findet nicht blos eine Entleerung der Speisereste statt, falls sie mit denselben erfüllt waren, sondern aller Vermuthung nach auch ein respiratorischer Gasaustausch, wie daraus hervorgeht, dass die Schläuche längere Zeit nach dem Hervorstülpen im Wasser flottiren.

Die Beziehung, welche zwischen den bis jetzt betrachteten Organen und den Tracheen obwaltet, veranlasste mich auch die letzteren in dem Kreis meiner Untersuchungen zu ziehen. Zu meiner Ueberraschung fand ich an denselben Manches anders und complicirter, als gewöhnlich angenommen wird, so dass ich es für gerechtfertigt halte, die Resultate meiner Beobachtungen hier einzuschalten.

Structur der Tracheen.

Den Bau derselben untersuchte ich zunächst bei der Larve von *Eristalis tenax* und dann, auf gewisse Verhältnisse aufmerksam gemacht, auch bei vielen anderen Insekten. Das merkwürdige Aussehen, welches diese Luftgefässe darbieten, hat schon früh die Aufmerksamkeit der Zootomen auf sich gezogen, allein die Beobachter weichen in ihren Ansichten über den Bau, namentlich über die Lagerungsverhältnisse und histologische Structur der Häute, welche sie zusammensetzen, so auffallend von einander ab, dass bis jetzt eine Einigung noch nicht erzielt ist.

Ich will hier nur diejenigen Ansichten erwähnen, die entweder längere Zeit hindurch Geltung hatten, oder von solchen Autoritäten herrühren, dass eine Bestätigung, resp. Widerlegung unerlässlich ist. Die meisten älteren Zootomen, wie Burmeister, Lacordaire und Newport, Suckow, Strauss, Platner nehmen drei Häute an, die das Tracheengerüst bilden: eine äussere Peritonealhaut, eine das Lumen der Trachee auskleidende Schleimhaut und dazwischen den für diese Gebilde so charakteristischen Spiralfaden. Die Annahme einer inneren

Schleimhaut beruht offenbar auf dem Bestreben, eine Analogie mit den Respirationsorganen höherer Thiere darzustellen, ein Bestreben, dem Peters (Müller's Archiv 1841, p. 233) sogar so weit nachgab, dass er ein das Lumen der Trachee auskleidendes Flimmerepithelium annahm, obwohl er dabei gesteht, Cilien selbst niemals gesehen zu haben. Noch v. Siebold sprach die Vermuthung aus (Vergl. Anatomie I. Th. S. 612), dass die Höhle der Trachee von einem sehr zarten Pflasterepithelium ausgekleidet werde, eine Ansicht, die auch Stein (Vergl. Anat. und Physiologie der Insekten, S. 105 Anm.) theilt, wenn er von einer Epithelialhaut der Tracheen spricht, auf der Stachelborsten vorkommen, die Peters möglicherweise für Wimpern könnte gehalten haben. Die Unrichtigkeit der Angaben von einer inneren Schleimhaut wurden ziemlich gleichzeitig von Leuckart (Frey und Leuckart, Zootomie der Wirbellosen 1847, S. 86) und Dujardin (Compt. rend., Tome 28, 1848) nachgewiesen, indem sie feststellten, dass die vermeintliche Schleimhaut eine homogene Chitinlamelle sei. Leuckart sagt, dass der Spiralfaden als selbständiges Gebilde zwischen der äusseren Peritonealhülle und der inneren structurlosen zarten Membran liege — eine Angabe, die in manchen Fällen der Wahrheit sehr nahe kommt. Dujardin, der Entdecker der Sarkode, lässt auch die Peritonealhülle der Tracheen aus homogener Sarkode bestehen und nimmt im Gegensatz zu Leuckart den Spiralfaden als das Resultat einer Verdickung der Innenhaut der Tracheen an. Auch H. Meyer (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 1849, S. 181) glaubt, dass der Spiralfaden nicht als solcher abgelagert sei, sondern ursprünglich eine homogene Membran darstelle, die sich erst nach geschehenem Lufteintritt in den Spiralfaden spalte. Seine Ansicht widerlegt sich einfach dadurch, dass bei Embryonen die Spiraltouren bereits angelegt sind, ehe Luft eintritt. Am entschiedensten spricht sich jedoch Leydig (Müller's Archiv, 1855, S. 458) dagegen aus, dass der Spiralfaden nach Leuckart's Meinung als selbstständiges Gebilde zu betrachten sei, da er nur eine nach Innen vorspringende Verdickung der homogenen Chitinhaut sei, auch keineswegs zwischen der äusseren und inneren Haut liege, sondern innere Haut selber repräsentire. Anlangend die Peritonealhülle, so sei sie eine bindegewebige, helle und gewöhnlich farblose Haut, die durch das Verwachsen von denselben Zellen entstanden sei, welche den Fettkörper bildeten und mit dem sie auch in innigem Zusammenhang blieben. Nur die Zellkerne seien fortwährend in dieser Hülle nachzuweisen. Die Ansicht Leydig's scheint sich eine ziemlich allgemeine Geltung verschafft zu haben, um so mehr, als sie auch durch Weismann's sorgfältige Untersuchungen über die Entwickelung der Tracheen (Entwickelung der Dipteren, S. 76) in den Hauptpunkten bestätigt wird.

Die bindegewebige Natur der Peritonealhülle glaubt Weismann freilich nicht unbedingt

annehmen zu können, doch vermochte er andererseits auch nicht festzustellen, zu welcher Gewebeform sie sonst zu rechnen sei.

Eine Continuität der Tracheen und des Fettkörpers, directer Zusammenhang also zwischen den Zellen des »Bindegewebes« und der Peritonealhülle der Tracheen wird mit vollem Recht in Abrede gestellt.

Ueberblickt man die hier nur in Kürze angedeuteten Ansichten, so wird man erstaunen, wie über ein für die Arachniden, Myriapoden und Insekten so charakteristisches und wichtiges Organsystem so viele widersprechende Angaben herrschen. Vor allen Dingen muss es darauf ankommen, über die Lagerungsverhältnisse und Structur der Chitinschichte und des Spiralfadens Gewissheit zu gewinnen, sowie die Natur und Gewebeform der Peritonealhülle festzustellen. Ueber erstere können nur zarte, wenn auch schwierig herzustellende Längsschnitte durch die Tracheenstämme Aufschluss geben, während ich über die Peritonealhülle durch Anwendung von Reagentien, namentlich von Ueberosmiumsäure und Goldchlorid ein befriedigendes Resultat erhielt.

Anlangend die Peritonealhülle, so gibt sowohl Semper (Zeitschr. f. wissensch. Zool., Bd. VIII. S. 328) wie Weismann, der letzte genaue Beobachter, an, dass die kuglichen Embryonalzellen, die, zu dicken Strängen lose zusammengefügt, die ersten Anlagen der Tracheen repräsentiren, kurz nach Abscheidung der Intima in dem Grade, als diese sich verdickt, ihre Selbstständigkeit verlieren, eine Resorption der Zellwandungen erleiden und mit einander verschmelzen, so dass der Hohlcylinder der Intima bald von einer gleichmässigen Schicht eines Gewebes umgeben sei, dessen Entstehung aus Zellen sich nur noch an der regelmässigen Stellung der kuglichen Embryonalzellenkerne erkennen lasse. Diese Angabe beruht auf einem Irrthum, indem sich sowohl auf den früheren Entwickelungsstadien, als auch in dem ausgebildeten Insekt die Zellgrenzen der späteren Peritonealhülle deutlich erkennen lassen, so dass man bald die Ueberzeugung gewinnt, dass die Tracheen nicht von einer Bindegewebslage oder von einer feingranulirten kernhaltigen Sarkodemasse, sondern von einer oft ausserordentlich regelmässigen Epithellage umgeben sind. Bei sämmtlichen untersuchten Larven und ausgebildeten Insekten fand ich diese Epithelschichte, namentlich nach Anwendung der oben angegebenen Reagentien, in unerwarteter Klarheit. Hat man sich einmal von der Existenz der regelmässigen Zellgrenzen überzeugt, so erkennt man sie in günstigen Fällen und bei günstiger Beleuchtung oft schon ohne Zusatz von Reagentien oder bei vorsichtiger Carmintinktion.

Figur 1 auf Taf. IV. zeigt diese Epithellage von der Larve von *Eristalis tenax*, wo ich sie zuerst auffand. Die Zellen sind hier gross und ziemlich regelmässig sechseckig. Auf den

grossen Längsstämmen beträgt ihre Länge 0,11 bis 0,15 Mm., ihre Breite 0,075 bis 0,1 Mm. Der Kern zeigt meist mehrere Kernkörperchen und ist durchschnittlich 0,041 bis 0,05 Mm. breit. Während bei *Eristalis* die Epithelzellen verhältnissmässig gross sind, fand ich sie dagegen sehr klein bei den Libellenlarven, z. B. *Aeschna grandis*, wo sie kaum doppelt so breit als der Spiralfaden erscheinen. Die Zellgrenzen (Fig. IV) verlaufen hier nahe den Kernen, die dadurch dicht gedrängt erscheinen, und lassen sich schwieriger erkennen, obwohl sie bei gelungenen Goldchloridpräparaten sehr prägnant hervortreten. Bei den Embryonalzellen sind die Zellengrenzen meist sogar noch deutlicher, als bei dem ausgebildeten Insekte. Fig. VII zeigt sie von *Apis mellifica* am vierten Tage des Puppenstadiums. Für die Bienen gibt übrigens schon Bütschly (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. XX., Zur Entwickelungsgesch. der Bienen), der zuerst die Bildung der Tracheen durch Einstülpung von dem äusseren Keimblatte aus nachwies, an, dass keine so innige Verschmelzung der Embryonalzellen stattzufinden schiene, wie dies Weismann von *Musca* beschrieben hat, wiewohl er andererseits auch Bilder fand, die ihm für einen derartigen Vorgang zu sprechen schienen.

Weismann hat darauf aufmerksam gemacht, dass, je feiner die Tracheenästchen sind, desto weiter die Kerne der Peritonealhülle aus einander liegen, oder richtiger gesagt, dass die Zellen der Epithellage desto grösser sind. Jedenfalls beruht dies auf der von ihm ausführlich geschilderten eigenthümlichen Bildung der feineren Verzweigungen der Tracheenintima in spindelförmig auswachsenden und, wie ich vermuthe, sich theilenden Zellen, — doch habe ich diese Vorgänge nicht näher verfolgt, wie ich mir denn auch die genauere Prüfung der ebenfalls mit einer regelmässigen Epithelschichte bekleideten »Arthropodenlungen,« von denen Leuckart zuerst nachwies, dass sie modificirte Tracheen darstellen (Zeitschrift f. wiss. Zool. I), für eine spätere Zeit vorbehalte. Persistiren die eben genannten spindelförmigen Zellen und verästeln sie sich noch stärker, so resultirt eine Endigung der feinsten Tracheenästchen in verästelten Epithelzellen, wie sie z. B. von Leydig in der Larve von *Corethra plumicornis* aufgefunden wurde, oder wie sie Max Schulze in dem Leuchtorgan von *Lampyris* beschreibt. Leydig sagt zwar, dass man sich nicht versucht fühlen würde, solche verästelte, weit aus einander liegende Zellen, in deren Innerem die Intima sich abscheide, Epithelzellen zu nennen. Sobald jedoch die gesammte übrige spätere Peritonealhülle als eine Epithellage erkannt ist, sind auch diese Zellen als Epithelzellen anzusehen, und dies um so mehr, als sich auch sonst verästelte Epithelzellen nicht selten, z. B. als verästigte Pigmentzellen in der Haut von Wirbellosen und Wirbelthieren (sehr prägnant auch im Auge der Fische) vorfinden.

Ein Zusammenhang mit dem Gewebe des Fettkörpers existirt nicht — auch die feinsten

Endigungen der Tracheenäste besitzen ihre eigene Matrix. Die nach Aussen gekehrten Segmente der Zellhäute verschmelzen meist zu einer homogenen zarten Lamelle, wie sie z. B. vor der Verpuppung in ihrer Continuität sich leicht verfolgen lässt. Sobald man die Peritonealhülle als Epithellage erkannt hat, wird man es auch erklärlich finden, dass dieselbe ebenso etwa, wie das Epithel des Darmes, eine Intima abscheidet. Dass eine »bindegewebige Peritonealhülle« ein derartiges Abscheidungsprodukt lieferte, dürfte kaum jemals beobachtet sein; der Charakter des Bindegewebes liegt ja eben darin, dass seine Zellen selbst in die Skelettbildungen eingehen und eine feste Intercellularsubstanz abscheiden. Die Tracheenintima rückt damit in die Reihe der ächten Cuticularbildungen und gewinnt als solche durch ihren merkwürdigen Bau noch an Interesse.

In Betreff des Spiralfadens ist zunächst zu bemerken, dass derselbe in allen Fällen eine selbstständig abgeschiedene Chitinschicht darstellt und nicht als einfaches Verdickungsprodukt der übrigen Intima zu betrachten ist. Ja selbst die letztere ist wenigstens in den grösseren Stämmen in zwei durch ihre physikalischen Eigenschaften verschiedene Massen getheilt, so dass drei gesonderte Chitinschichten sich unterscheiden lassen und die Structur der Tracheen sich complicirter herausstellt, als man früher vermuthete. Ueber die Lagerungsverhältnisse des Spiralfadens lässt sich kein allgemeines Schema aufstellen, da dieselben fast bei jeder Art verschieden sind. Daraus mögen sich auch die widersprechenden Angaben erklären. Bei der Larve von *Eristalis tenax* (Fig. II. und III. sp.) z. B. liegt der Spiralfaden fast ganz von den beiden anderen Chitinlamellen eingeschlossen, oft nur mit einem sehr schmalen Theil seiner Peripherie das Lumen der Trachea begrenzend; in anderen Fällen tritt er mehr hervor, z. B. bei der Larve von *Stratiomys*, wo er halb in das Innere hervorragt (Fig. VI.). Ebenso wechselt seine Gestalt: rund ist er bei der letztgenannten Larve, wo er zugleich, wie bei den Dytiscidenlarven dunkel gefärbt erscheint; fast rechteckig bei den Libellenlarven, wo die innere Tracheenwandung ziemlich gerade verläuft und der Spiralfaden mit der kleineren Seite an der Begrenzung Theil nimmt. Hier bemerkt man auf dem Querschnitte feine Spalten (Fig. V.), die sich bei der Aufsicht als zarte Risse verfolgen lassen. Complicirter ist seine Structur bei der Larve von *Eristalis tenax;* er ist im Ganzen rund, auf den grossen Längsstämmen 0,003 bis 0,005 Mm. breit und zeigt im Querschnitte eine unregelmässig concentrische Schichtung. Auf seiner dem Tracheenlumen zugekehrten Seite trägt er eine Firste (cr.), die bald mehr, bald weniger in den Luftraum der Trachee vorspringt und von Oben gesehen als scharf begrenzte Linie deutlich sich abhebt. Je nachdem nun aber, wie es namentlich bei den grossen Tracheenstämmen häufig geschieht, die Spiralwindungen unter dem Deckglase mehr oder weniger schräg

zu liegen kommen, d. h. als breitere oder flachere Ellipsen erscheinen, verläuft nun auch diese Firste entweder zwischen zwei Spiralfäden wie ein gesonderter Faden, oder sie rückt einem derselben näher, bis sie in langen Wellenlinien auf ihm sich hinzieht. Doch das Bild kann sich noch complicirter gestalten durch die beiden anderen Chitinschichten. Die oberste derselben liegt in der Regel zwischen den Touren des Spiralfadens, den Zwischenraum ausfüllend und den Faden bisweilen in seiner Mitte (s. b. *Stratiomys*) umfassend.

Bisweilen aber trennt sie sich von demselben, wie z. B. an gewissen Stellen bei *Eristalis* (s. Fig. III.) und dann bildet sie gewissermaassen einen zweiten secundären Spiralfaden, der neben dem Hauptfaden sich hinwindet. Die dritte und tiefste, also zuletzt abgesonderte Chitinschicht zeigt eine deutliche Längsstreifung (Schichtung) und erreicht meist auch die bedeutendste Dicke, namentlich kurz vor der Häutung des Insektes (ch. I.).

Was das physikalische Verhalten der drei Chitinschichten betrifft, so bricht der Spiralfaden, wenn er nicht dunkel gefärbt ist, stärker als die beiden übrigen Schichten das Licht und tritt darum, auch wenn er fast ganz zwischen dieselben eingebettet erscheint, durch seinen Glanz leicht als solcher hervor. Auch ist er von allen am festesten und widerstandsfähigsten, so dass er von concentrirter Kalilauge, die gewöhnlich die beiden anderen Lamellen etwas angreift, nicht verändert wird.

Gegen Carminfärbung verhalten sich die drei Schichten verschieden; und zwar der Spiralfaden indifferent, während eine der beiden übrigen, bei *Eristalis* z. B. die obere, bei *Aeschna* die untere, sich intensiv roth färbt und die dritte nur blassröthlich erscheint.

Aus diesen Angaben ergibt sich zur Genüge, dass ein allgemein gültiges Schema über den Bau und die Lagerungsverhältnisse der die Tracheenintima zusammensetzenden Chitinschichten sich nicht aufstellen lässt. Vielmehr wechseln dieselben bei fast allen Arten, oft sogar bei demselben Thiere, indem meist die dritte Schicht an den feineren Tracheenstämmchen in Wegfall kommt oder überhaupt an dem Tracheennetz fehlt.

Nach dem Nachweis, dass wir es bei der Peritonealhülle der Tracheen nicht mit einer Bindegewebeschicht, oder kernhaltigen Protoplasmalage zu thun haben, sondern mit einer Epithellage, die gewissermaassen eine bis in das Minutiöseste verästelte Drüse repräsentirt, deren Secret in eigenthümlicher Weise erstarrt, mag hier der Ort sein, über das Vorkommen von Bindegewebe in dem Insektenkörper überhaupt einige Worte beizufügen.

Leydig ist, hauptsächlich geleitet durch die Peritonealhülle der Tracheen und ihren vermeintlichen Uebergang in den Fettkörper, der ein unbestrittenes Bindegewebe sei, zu einer eigenthümlichen Ansicht über die Verbreitung des Bindegewebes in den Insecten gekommen,

wie er sie in seinem Handbuche der Anatomie 1864 (S. 38 ff.) ausführlich entwickelt hat. Er fasst die Cuticularbildungen als Abscheidungen einer Matrix auf, die entweder aus distincten oder aus verschmolzenen Zellen besteht und mit ächtem Bindegewebe des Körpers einen unzweifelhaften Zusammenhang hat. Während die älteren Beobachter dem Hautpanzer der Arthropoden vielfach einen zelligen Bau zuschrieben und ihn der Epidermis der Wirbelthiere verglichen, so weist er nach, dass derselbe einer Matrix aufliege und oft Hohlräume zeige, die mit Bindegewebskörperchen der Wirbelthiere übereinstimmten.

Abgesehen davon, dass Leydig's Auffassung, wonach fast das gesammte oberste Keimblatt, das ja auch die Tracheen durch Einstülpung liefert, zu Bindegewebe wird, den sonstigen entwicklungsgeschichtlichen Erfahrungen widerspricht, so hat bereits Semper, gestützt auf seine Untersuchungen über die Entwicklung der Flügel, Schuppen und Haare bei den Lepidopteren (Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. VIII.) sich dahin ausgesprochen, dass die Matrix des Chitinskelettes eine Epithellage ist und letzteres somit eine einfache Cuticularbildung repräsentirt. Auch Gegenbaur (Anat. Unters. eines *Limulus* mit Berücksichtigung der Gewebe. 1858) will kein völliges Aequivalent des Bindegewebes in den Integumentbildungen erkennen, namentlich nicht die Porenkanälchen als das Homologon der Bindegewebskörperchen anerkennen. —

Soweit ich dagegen, namentlich bei Anwendung der oben genannten Reagentien die Matrix des Hautpanzers prüfte, erkannte ich sie stets als eine typische Epithellage, die sich sogar noch an den Mundwerkzeugen (sehr deutlich z. B. an dem Saugrüssel der Dipteren) nachweisen lässt. Auch das Vorhandensein von Porenkanälen findet nicht schwer seine Erklärung, wenn man ihre Bildung auf ein localisirtes Dickenwachsthum der Zellmembranen zurückführt, analog der Bildung von Tüpfelkanälen bei den Pflanzenzellen.

Angenommen der Zellinhalt sei nach allen Seiten hin gleichmässig thätig bei der Abscheidung einer Zellenmembran, so wird sich diese natürlich als durchaus gleich dick erweisen. Findet diese Verdickung dagegen nur an der freien Oberfläche der Zelle statt (soweit dieselbe nicht in Berührung mit anderen Zellen steht), so wird sie sich als Cuticula erweisen. Wie wir es nun aber als eine ziemlich verbreitete Erscheinung bei Pflanzenzellen vorfinden, so können auch bei den Epithelzellen nur gewisse Stellen des Protoplasma bei Abscheidung der Cuticula betheiligt sein. Die unthätigen Stellen des Protoplasma werden sich dann bei längerer Dauer der Cuticularabscheidung je nach dem Querschnitt als feinere oder breitere Porenkanäle ausweisen. Findet diese locale Unthätigkeit des Zelleninhaltes bei Abscheidung der Membran gleich von Anfang an statt, so werden natürlich die Porenkanäle die Cuticula durch-

brechen, und es ist dann leicht erklärlich, wie in den äusserst feinen Kanälchen durch äussere Einflüsse der Zellinhalt zu Grunde geht und diese, wie auch Leydig beobachtete, mit Luft oder Wasser je nach der Umgebung der Cuticula erfüllt scheinen.

Nach dem Vorhergehenden stehe ich nicht an, mit Semper das gesammte innere, wie äussere Chitinskelet der Insekten als das Abscheidungsprodukt einer Epithellage aufzufassen und nicht als ein Bindegewebeskelett. Ich glaube, dass diese Auffassung sich bei den übrigen Arthropoden bestätigen wird, wenn man nur die Matrix einer sorgfältigen Prüfung unterwirft. In welch' eigenthümliches Dilemma Leydig bei consequenter Durchführung seiner Ansicht über die bindegewebige Natur des Chitingerüstes geräth, zeigt seine Auffassung der Intima des Darmes als einer Bindesubstanz, obwohl sie, wie er selbst gesteht, in den meisten Fällen (wir können wohl sagen, in allen Fällen) das Produkt einer typischen Epithellage repräsentirt. Dem zu Liebe möchte er den Begriff des Epithels, wie er sich nach und nach ausgebildet hat, fallen lassen — jedenfalls der Thatsache Rechnung tragen, dass bei den Arthropoden das Epithel der äusseren Haut und die Bindesubstanz des Leibesraumes im Grunde eines und dasselbe sind und nur local den einen oder den anderen Charakter, diesen oder jenen Zug ihres Verhaltens mehr entwickeln.

Wenn man auch zugeben muss, dass bei niederen Thieren, je tiefer wir herabsteigen, desto weniger eine strenge Sonderung der Gewebe durchzuführen ist und dass auch schliesslich bei den höchsten Thieren aus nicht unterscheidbaren Embryonalzellen die reiche Mannichfaltigkeit streng zu sondernder Gewebe sich ausbildet, so glaube ich doch, dass man zu weit geht auch bei den Arthropoden, wo die Gewebe im ausgebildeten Insekt so typisch differenzirt sind, die Bindesubstanz mit den Epithelien, einer theoretischen Auffassung zu Liebe, unter eine Rubrik zu stellen. Ich denke, nachdem sich die Peritonealhülle der Tracheen und der Matrix des Hauptpanzers in allen Fällen als typische Epithellage herausgestellt haben, und ein Connex mit der Bindesubstanz des Leibes nicht aufzufinden ist, dass man, wie es wohl auch von den meisten Forschern angenommen wird, bei der früheren Auffassung des Epithels bleiben soll, um so mehr, als sich dadurch eine Conformität in dem Aufbau des Insektenskelettes darbietet, die nicht zu Annahmen führt, welche den herkömmlichen Ansichten entgegenlaufen. Das Bindegewebe scheint überhaupt bei den Insekten in seinem Vorkommen sehr beschränkt zu sein. Leydig fasst zwar den Fettkörper als unbestrittenes Bindegewebe auf, doch bedarf dieses merkwürdige, so gestaltungsreiche, nicht blos bei den einzelnen Arten, sondern oft auch im Lebenslauf des Individuums so variable Organ, einer erneuten Untersuchung. Bereits Weismann spricht sich gegen Leydig's Auffassung aus, da in vielen Fällen bei dem gänzlichen

Mangel einer Intercellularsubstanz das Fettkörpergewebe dem Begriff des Bindegewebes, wie er sich bei den Wirbelthieren ausgebildet hat, nicht entspricht. Was ich bei den Rectaldrüsen als Bindegewebe bezeichnete, ist ein zellig-blasiges Gewebe von dem Habitus des bekannten Gewebes der *Chorda dorsalis*. Bei den Orthopteren lässt sich in vielen Fällen eine, wenn auch nur unbedeutende, Intercellularsubstanz erkennen, welche die von den kuglichen Zellen freigelassenen Räume erfüllt. Bei den Dipteren sind die Zellen des Bindegewebes klein und oft schwer zu erkennen, und es scheinen dann nur zahlreiche Kerne innerhalb einer schwammig verästelten Grundsubstanz zu liegen. Jedenfalls glaube ich keinen Missgriff zu thun, wenn ich dieses Gewebe, das auch physiologisch die Rolle eines Bindegewebes spielt, als solches so lange in Anspruch nehme, bis überhaupt eine umfassende Revision aller derjenigen Gewebe des mittleren Keimblattes, die man unter dem etwas vagen Begriff der »Bindesubstanzen« zusammenfasst, durchgeführt ist.

Entwicklung der Rectaldrüsen mit Bemerkungen über den Process der Histolyse.

Die Entwicklung der Rectaldrüsen habe ich bei *Liparis salicis* und *Vanessa urticae*, ferner noch bei *Apis mellifica* verfolgt. Bei ersteren kam es mir hauptsächlich darauf an, das Schicksal der Epithelzellen in dem Mastdarm der Raupen mit den grossen von Leuckart beschriebenen (Zootomie v. Wagner II. S. 61. Anm.) merkwürdigen verästelten Kernen kennen zu lernen, was dann weiter dahin führte, die durch Weismann bekannt gewordenen histolytischen Vorgänge vor und während des Puppenstadiums, soweit sie den Mastdarm anlangen, zu verfolgen. Bei den Schmetterlingsraupen scheinen die verästelten Kerne charakteristisch für die Zellen der secernirenden Organe zu sein — so treten sie oft in überraschender Schönheit an den Spinndrüsen (H. Meckel), an den Malpighischen Gefässen, in den Hautdrüsen und, wie gesagt, im Mastdarm auf. (Vergl. Fig. V auf Taf. I und Fig. III auf Taf. II.) Jedenfalls scheint dies auf eine rege Theilnahme des Kernes bei der Secretion hinzudeuten, denn durch die Verästelung findet eine beträchtliche Flächenvergrösserung statt.

Ich will bei dieser Gelegenheit nicht versäumen, auf den Nervenreichthum der Malpighischen Gefässe der Schmetterlingsraupen und die Nervenendigungen an denselben aufmerksam zu machen (Fig. III Taf. II.). Betrachtet man ein frisches Gefäss, so fallen leicht die oft zahlreich nach demselben abgehenden blassen Fäden auf, die sich bei näherer Untersuchung als ächte sympathische Nerven erweisen.*) Es fehlt ihnen die Nervenscheide und damit auch die Matrix, wohl

---

*) Newport hielt dieselben (Todd's Cyclop. Art. Insecta Vol. II) für Gefässe, während Leydig (Lehrb. d. Histologie) sich eher für die nervöse Natur derselben aussprechen möchte.

aber treten an ihnen oft auf lange Strecken stärkere chitinige Leisten auf, die leicht zu der Täuschung Veranlassung geben können, als ob man es mit einer starken Scheide zu thun habe. Die Nerven zeigen im Innern zahlreiche Kerne mit mehreren, oft bis 15 Kernkörperchen. In manchen Fällen liess sich auch eine dichtere Gruppirung des feinkörnigen plasmatischen Nerveninhaltes um die Kerne erkennen. Oft treten sie zu der Bildung eines kleinen peripherischen Ganglions zusammen, wie ich solche besonders zahlreich bei der Bärenraupe an den betreffenden Nerven antraf. Vor der Endigung theilen sich meist die Stränge und bilden ein reiches Geflecht um die Gefässe. Dabei trennen sich bisweilen die stärkeren Leisten, um sich ebenfalls an die Gefässe anzuheften und damit den Nerven eine festere Stütze zu bieten. Was nun ihre letzte Endigungsweise betrifft, so heften sie sich an den Stellen, wo die Malpighischen Gefässe gefiedert erscheinen, meist, obwohl nicht constant, an den vorstehenden Höckerchen an — für die Beobachtung der feineren Verhältnisse sind jedoch die Stellen am geeignetsten, wo sie auf der glatten Oberfläche sich ausbreiten. Fast regelmässig verbreitert hier der Nerv sich zu einer mehr oder minder breiten mit Kernen angefüllten Platte, die oft sich vor dem Einstrahlen der Fasern in die Gefässzellen theilt. Was das Ausstrahlen der Nervenfasern in die Zellen betrifft, so fand ich dies in einigen für die Beobachtung günstigen Fällen von zweierlei Art. Einmal traten die Nerven mit ihrer Membran in das Lumen der Zelle ein, und die einzelnen Fasern strahlten nun von hier aus noch mit ihrer Membran umgeben in das Gefäss aus und liessen sich hier auf lange Strecken hin durch mehrere Zellen verfolgen, bis sie immer feiner werdend dem Auge entschwinden. In anderen Fällen geht die Membran der Nervenplatte continuirlich in diejenige der Gefässzellen über und die Nervensubstanz strahlt, wie es die Abbildung nach einem besonders günstigen Object andeutet, in die Zelle aus.

Die Membran der Malpighischen Gefässzellen zeigt besonders an den mit Nerven versehenen Partien manchmal eine sehr zierliche, offenbar auf einem localen Dickenwachsthum beruhende Structur (Vergl. Taf. II. Fig. IV.).

Was nun die histolytischen Vorgänge anbelangt, so ist es bei der Untersuchung doppelt geboten, die Gewebe in indifferenten Flüssigkeiten (am besten in Humor aqueus) zu untersuchen, um leicht eintretende Verzerrungen und Gestaltveränderungen zu vermeiden. Beobachtet man die verschiedenen Gewebe des Darmrohres kurz vor der Verpüppung der Raupe, so fällt an sämmtlichen Theilen die auffallende Vergrösserung der Kerne in das Auge. Dieser Vorgang bildet die Einleitung zu der Histolyse. Zu keiner Zeit treten so prägnant die Kerne der Muskeln, Nervenscheiden und der Tracheenmatrix hervor. Während z. B. an den grösseren nach dem Darme verlaufenden Tracheenstämmchen die Kerne durchschnittlich 0,012 Mm.

messen, vergrössern sie sich bis zu 0,025 Mm., also um das Doppelte, oft noch Mehrfache. Am auffallendsten tritt dieses Kernwachsthum an den Muskelkernen hervor, die sich, nachdem sie eine mannichfach wechselnde Grösse und Gestalt gewonnen haben (Taf. III. Fig. IV und V), rasch zu theilen anfangen und so den Anschein einer Kernwucherung darbieten, eines Vorganges sehr ähnlich dem, wie ihn Leuckart bei der Trichinose beschrieben hat. Während nun die Kerne der Muskeln und auch der übrigen Gewebe diese leicht in das Auge fallende Vergrösserung und darauffolgende rasche Theilung erleiden, treiben die verästelten Kerne an den Malpighischen Gefässen und im Mastdarmepithel immer neue Zweige und weitere Verästelungen. Hand in Hand mit dieser Veränderung scheint auch eine Vermehrung der Kernkörperchen zu gehen, wenigstens stimmen die zu dieser Zeit in grosser Anzahl in den Kernen sich findenden Körperchen in ihrem optischen Verhalten mit den typischen Kernkörperchen überein und lassen sich leicht von den meist grösseren Fetttröpfchen unterscheiden. Der fettigen Degeneration fallen nun fast sämmtliche Theile anheim. Bei den Malpighischen Gefässen bildet eine Einleitung hierzu ein Zerfall des Zellinhaltes in eine Masse verschieden grosser Bläschen mit zahlreichen Körnchen im Innern (Taf. II. Fig. III). Hier beobachtete ich auch deutlich die fettige Entartung der Kerne. Anders bei den Epithelzellen des Mastdarmes, die sich zu rundlichen Kugeln von durchschnittlich 0,035 Mm. zusammenziehen und bald eine rasche Theilung erleiden. Während die Kerne der Muskeln sich zu theilen beginnen, faltet sich das Sarkolemma oft so regelmässig, dass es den Anschein eines Tracheenspiralfadens darbietet (Taf. III. Fig. 4 und 5). Zugleich verfettet die contractile Substanz — die Muskelkerne dagegen gelangen durch Auflösung des Sarkolemms in das Freie. Auch die Blutkörperchen (Taf. III. Fig. VIII) füllen sich mit Fettkugeln, die jedoch, besonders bei längerem Verweilen auf dem Objectträger, auszutreten pflegen, worauf die ersteren dann ihre charakteristischen amöboiden Bewegungen beginnen. Der Zerfall des gesammten Darmtractus verhält sich ziemlich analog den Vorgängen, wie sie Weismann bei den Dipteren angibt; auch hier ist bereits am zweiten Tage der Verpuppung von Oesophagus und Mastdarm keine Spur mehr aufzufinden und nur die zusammengeschrumpfte Intima deutet die frühere Lage an. Dagegen tritt der Chylusmagen, wenigstens in seiner mittleren Abtheilung, noch deutlich hervor; ich konnte sogar um diese Zeit sehr schön noch seine wellenförmigen Contractionen beobachten. Später fallen auch seine Gewebe der Histolyse anheim. Er ist mit den Trümmern seiner Epithelzellen erfüllt, vielleicht auch mit denen des Oesophagus, und mit einer Masse röthlichgelben Fettes, das dem ganzen Inhalt diese Farbe verleiht. Bereits Herold (Entwicklungsgesch. d. Schmetterlinge 1815) beschrieb diesen gelben Körper, hält ihn jedoch irrthümlich für den

Ueberrest eines Theiles der früher aufgenommenen Nahrung, die zurückbleibe theils wegen der Verschliessung der Afteröffnung, theils weil die wurmförmigen Contractionen aufhörten. Weismann hat sich mit Recht dagegen ausgesprochen, da er nie Speisereste darin auffand, und glaubt, dass diese sämmtlich vor der Verpuppung ausgestossen werden. Dass dies noch kurz zuvor möglich ist, erhellt auch aus der angegebenen Beobachtung, dass noch am zweiten Tage der Verpuppung die Darmcontractionen zu bemerken waren. Durchschnittlich am 5. Tage der Verpuppung fand ich die ersten deutlichen Anlagen des neugebildeten Darmrohres im Anschluss an die früheren Zerfallprodukte, die bei vorsichtiger Präparation immer noch die Form des Organes erkennen lassen, weil sie sich nicht zerstreuen.

Es würde nun die wichtige Frage nach dem Ursprung und der Herkunft jener den neuen Darmtractus zusammensetzenden Zellen zu beantworten sein. Ich habe oben auf die merkwürdige Kernvergrösserung hingewiesen und auf die rasche Theilung derselben. Da ich nun in allen späteren Stadien die unzweifelhaften Descendenten jener Kerne auffinden konnte, so dürfte auf die Frage des Woher? der Zellen einiges Licht fallen, und die Vermuthung, dass sie es sind, die zu der Bildung neuer histologischer Elemente und Gewebe den Anstoss geben, wird wenigstens nicht unbegründet erscheinen.*) Auch Weismann erwähnt, dass bei den Nervencentren und den Malpighischen Gefässen die Kerne der Zellen zu persistiren schienen und nicht der Verfettigung anheim fallen; ob es sich am Nahrungsrohre ebenso verhalte oder ob dort der Zerfall zuletzt auch die Kerne angreife, müsse er unentschieden lassen — jedenfalls diene aber auch hier dieselbe Masse, welche das alte Organ zusammensetzte, zum Aufbau des neuen. Ich bin der Ueberzeugung, dass sich bei genauerer Prüfung für die Dipteren ähnliche Verhältnisse, wie die von den Lepidopteren geschilderten, ergeben werden. Namentlich wäre der Ursprung jener »Körnchenkugeln« Weismann's zu verfolgen, die ja bei dem Aufbau der meisten Organe die wesentlichsten Factoren bilden.

Weismann gibt über die Herkunft jener Körnchenkugeln keinen Aufschluss, sondern sagt nur, dass man schon in den ersten Tagen, sobald der Fettkörper in Thorax und Kopf flüssig geworden ist, ausser isolirten Körnchen und Fetttropfen verschiedener Grösse, grössere dunkle Massen, im Ganzen kuglich, aber von höckeriger unregelmässiger Oberfläche finde,

---

*) Auerbach, der mit grosser Sorgfalt die Veränderungen der Kerne und Kernkörperchen studirte (Organologische Studien), spricht die Vermuthung aus, dass nur die Kernkörperchen der Histolyse nicht anheim fallen und den Ausgangspunkt zu neuen Geweben abgeben möchten. So weit ich diese Vorgänge verfolgte, scheint sich dies nicht zu bestätigen, indem ich nur die nicht verfetteten Theilungsprodukte der Kerne mit oft noch deutlich erkennbaren Kernkörperchen auffand.

zusammengesetzt aus Fetttropfen und körniger Masse. Später sollen sie sich mit einer feinen Membran umgeben und etwa 0,03 Mm. im Durchmesser haben. Bald treten im Innern blasse Kugeln auf, das Fett verringert sich und schliesslich zeigen sie sich ganz erfüllt mit Kernen. Nach der genauen Beschreibung der ersten Formgestaltungen jener Körnchenkugeln bin ich der Ueberzeugung, dass sie sich, die Mittelglieder zwischen der formlosen Zellmasse und den Geweben, als die Theilungsprodukte der früheren Kerne erweisen werden. Wirft man einen Blick auf die unregelmässigen Gestaltungen und Theilungen der Kerne vor und während des Beginnes der Histolyse, so wird man auch die Unregelmässigkeit der Körnchenkugeln bei ihrem ersten Auftreten erklärlich finden. Eine starke Ansammlung von Fett fand ich bei fast allen Kernen, wie auch bei den Blutkörperchen. Die Abbildungen, welche Weismann von dem ersten Aussehen der Körnchenkugeln gibt, ähneln sehr dem Bild, was z. B. die mit Fett erfüllten Blutkörperchen darbieten. Ich habe leider, als ich auf diese Verhältnisse aufmerksam ward, nicht mehr die Gelegenheit gefunden, sie specieller zu verfolgen und muss mir dies für spätere Zeit vorbehalten, doch glaubte ich, dass es nach dem Vorhergehenden nicht ungerechtfertigt sein wird, einstweilen diese Ansicht auszusprechen. Es würden, wenn sie sich bestätigte, die Vorgänge der Histolyse viel von dem räthselhaften Dunkel verlieren, was jetzt noch über ihnen liegt.

Gehen wir nun zu der Schilderung der Entwicklung der Rectaldrüsen über. In seiner ersten Anlage zeigt sich der Mastdarm bei den genannten Schmetterlingen von einer gleichmässigen Epithellage gebildet, während die Muskeln und Tracheen entweder noch nicht als solche erkennbar sind oder sich in ihren ersten Anlagen kundgeben. Bereits am fünften oder Anfang des sechsten Tages gewahrt man, wie einzelne Zellen sich zu vergrössern beginnen und zwar zunächst in dem blinddarmigen Fortsatze des Mastdarms. Die übrigen Epithelzellen sind durchschnittlich 0,06 Mm. lang, ihre Kerne 0,008 Mm. gross. Manchmal schien es mir, wie wenn zwei oder drei neben einander liegende Zellen nach Resorption der Zellwände diese Vergrösserung eingingen. Der Zellinhalt zieht sich nach der das Lumen des Darmes begrenzenden Seite hin zusammen, während an der unteren Seite der Zellen zahlreiche kleine Körnchen sich zu dem späteren Bindegewebe entwickeln, in das auch bald die Tracheen eintreten und sich verästeln. So schreitet die Entwicklung der Rectalpapillen von dem oberen Theile des Mastdarmes resp. von dem Blinddarm rasch nach dem After zu vorwärts.

Das wichtigste Factum hierbei ist, dass in der ersten Anlage sich immer eine wohl ausgebildete Epithelschicht vorfindet, die einestheils durch Vergrösserung ihrer Zellen die Rectaldrüsen liefert, andererseits die Intima des Darmes abscheidet. Bald tritt jedoch eine Rück-

bildung des Epithels ein, die Zellgrenzen werden undeutlicher, der Inhalt verringert sich und zuletzt bleiben, wie oben angedeutet, nur noch die Zellkerne als letzter Rest übrig. Aehnlich sind die Verhältnisse bei *Apis mellifica*, nur dass hier nicht eine oder zwei neben einander liegende Zellen den Ausgangspunkt zur Bildung der Rectaldrüsen liefern, sondern eine grössere Menge. Bereits am ersten und zweiten Tage nach der Verwandlung der Larve in die Puppe kann man an dem regelmässig sechsseitigen Mastdarmepithel sechs längliche Zellgruppen erkennen, die sich durch rascheres Wachsthum namentlich in die Höhe und durch ein feinkörniges trüberes Plasma vor den übrigen kennzeichnen. Ende des zweiten Tages treten die Gruppen in ihren äusseren Umrissen als die späteren Rectaldrüsen entgegen, ihre Grenzzellen scheiden den Chitinring ab, während die übrigen Epithelzellen des Mastdarmes die Intima bilden. Auch sie gehen in demselben Grade einer Resorption entgegen, als die Rectaldrüsenzellen durch mächtigeres Wachsthum und Substanzvermehrung in die Augen fallen. Bei den dem Ausschlüpfen nahen Bienen lassen sich die Zellgrenzen noch in der Art erkennen, wie es auf Taf. II gezeichnet ist; später sind auch diese und selbst die Kerne kaum nachweisbar. — Bei den Dipteren habe ich die Entwicklung nicht verfolgt, doch geht aus Weismann's Abbildungen über die Entwicklung der Rectalpapillen deutlich der für uns wichtigste Umstand hervor, dass zu der Zeit ihrer Bildung auch hier ein Mastdarmepithel existirte.

Die Beobachtung, dass eine einheitliche Epithelschicht in den frühesten Zuständen auftritt, dass ferner bei den Insekten, denen Rectaldrüsen fehlen, das Epithel auch noch bei dem ausgebildeten Insekt in normaler Weise auftritt, lässt keinen Zweifel übrig, dass die Rectaldrüsen nur eigenthümlich modificirte Partien des Mastdarmepithels repräsentiren. Ihre merkwürdige Conformation, ihr Tracheenreichthum und die Nervenverbreitung in ihnen deuten gewiss auf eine regere Secretion hin, die den Mangel des Epithels an den übrigen Theilen des Mastdarms compensirt, zugleich aber auch durch die Möglichkeit, den Mastdarm ungleich stärker auszudehnen, als es bei einer gleichmässigen Epithellage der Fall sein würde, eine grössere Kothansammlung und ein längeres Verweilen desselben in den betreffenden Stellen gestattet. Ich habe den Namen »Rectaldrüsen« beibehalten und dies oben zu rechtfertigen gesucht, und glaube mit der Feststellung der physiologischen Bedeutung jener bis jetzt noch unter die Gebilde von ungewisser Function gerechneten Organe den Hauptzweck dieser Untersuchung, so weit thunlich, erreicht zu haben.

Tafel I.

Fig. I. Rectaldrüse von *Musca vomitoria.* Querschnitt.
- a. Ring mit darauf liegender Matrix.
- e. Epithellage.
- b. Bindegewebe.
- tr. Tracheen.
- ma. Matrix derselben.
- n. Nerv.
- s. Chitinhäkchen.
- i. Intima.
- m. l. Längsmuskulatur.
- m. q. Quermuskulatur.

Fig. II. Grenzen der Epithelzellen an der Aussenfläche der Drüsen.
- tr. Zwischen den Zellen verlaufende Tracheen.
- s. Chitinhäkchen.

Fig. III. Rectaldrüse von *Sphinx populi.* Querschnitt.
- a. Chitinring querdurchschnitten.
- e. Epithellage.
- n. Kerne derselben.
- b. Bindegewebe.
- tr. Tracheen.
- i. Intima.
- ma. Kerne ihrer ehemaligen Matrix.

Fig. IV. Rectaldrüse von *Tinea.* Querschnitt.
- e. Epithellage.
- e'. Obere hellere und kernlose Schicht derselben.
- tr. Tracheen.
- m. Stark verästelte Muskulatur.
- i. Intima.

Fig. V. Epithelzellen aus dem Mastdarme von *Liparis salicis* mit verästelten Kernen.

Tafel II.

Fig. I. Theil einer Rectaldrüse von *Apis mellifica.* (Puppe kurz vor dem Ausschlüpfen.)
- a. Chitinring.
- tr. Tracheen, zum Theil quergeschnitten.
- n. Nerv.
- m. Längs- und Quermuskulatur.
- i. Intima.
- ma. Matrix derselben mit noch deutlichen Zellgrenzen.

Fig. II. Rectaldrüsen von *Locusta viridissima* quergeschnitten.
A. Gestalt derselben bei ausgedehnter Darmwandung.
B. Gestalt bei Contraction der Quermuskulatur.
a. Chitinring im Querschnitt.
e. Epithelzellen.
b. Bindegewebe.
tr. Tracheen mit pigmentirter Matrix.
i. Intima.
ma. Matrix derselben.
mq. Quermuskulatur.
m. l. Längsmuskulatur.
n. Nerv mit innerhalb seiner Scheide verlaufenden Tracheenstämmchen.

Fig. III. Nervenendigung an den Malpighi'schen Gefässen der Raupen von *Sphinx ligustri*.
K. Kerne.
g. Dieselben zu einem peripherischen Ganglion zusammentretend.
n. Theil eines verästelten Kernes in den Malpighi'schen Gefässen.
z. Körnig-Bläschenförmiger Zerfall des Zellinhaltes bei Beginn der Histolyse.
l. Stärkere Chitinleisten der Nerven.

Fig. IV. Struktur der Zellwand eines Malpighi'schen Gefässes.

Tafel III.

Fig. I. Querschnitt durch 3 Kiemen im Mastdarme von *Libellula depressa*.
i. Intima.
e. Epithellage.
b. Bindegewebe.
tr. Tracheen mit ihrer Matrix.
m. q. Quermuskulatur.
m. l. Längsmuskulatur zu Bündeln vereinigt, quergeschnitten.

Fig. II. Mastdarmkieme derselben. Epithellage von oben gesehen.

Fig. III. Analdrüse der Larve von *Eristalis tenax*, in die Leibeshöhle zurückgezogen.
e. Epithelzellen.
tr. Tracheen.
m. Muskel.

Fig. IV und Fig. V. Muskeln aus dem Darmtractus von *Liparis salicis* bei beginnender Histolyse. Die Kerne sehr gross geworden und in Theilung begriffen. Das Sarkolemma faltet sich.

Fig. VI und VII. Epithelzellen des Mastdarmes von *Liparis salicis*. Die Kerne ballen sich bei beginnender Histolyse rundlich zusammen, während der Zellinhalt verfettet.

Fig. VIII. Blutkörperchen mit Fetttropfen erfüllt, nach deren Austreten sie sich wieder amöboïd bewegen.

Tafel IV.

Structur der Tracheen.

Fig. I. Trachee einer Larve von *Eristalis tenax* nach Behandlung mit OsO4 mit aufliegendem Epithel.

Fig. II. Dieselbe im Querschnitt, und unten im Zusammenhange mit den bei der Aufsicht erscheinenden Liniensystemen gezeichnet.
a. Aeussere Membran der Epithelzellen.
n. Kern einer Zelle.

ch I. Zuletzt abgeschiedene Chitinschichte.
ch II. Zweite Chitinschicht.
sp. Spiralfaden im Querschnitt und Aufsicht.
cr. Firste auf demselben.

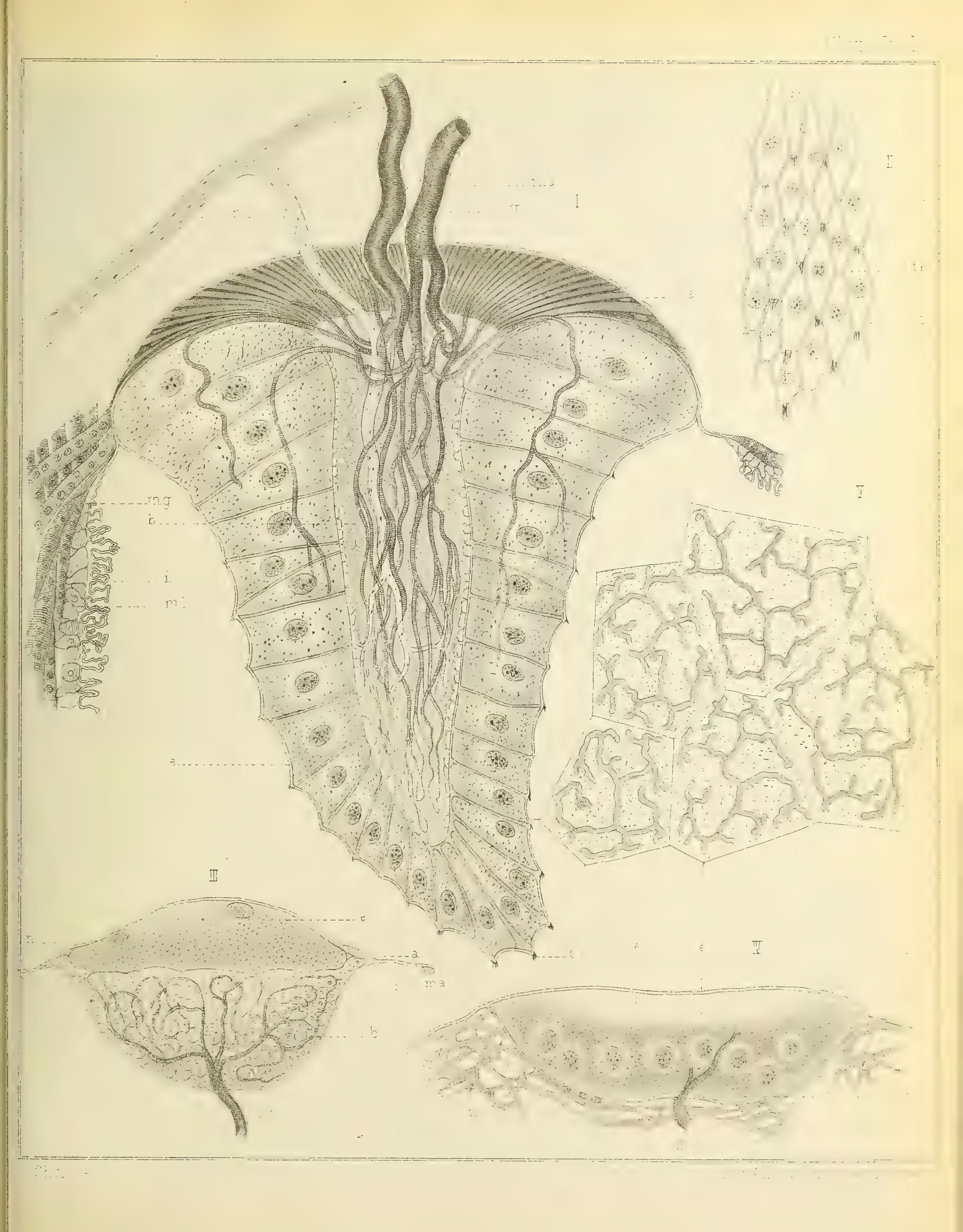
Fig. III. Trachee von einer Larve von *Eristalis tenax*, in der die zweite Chitinschichte nicht mehr den Spiralfaden berührt. Querschnitt.

Fig. IV. Epithelzellen der Tracheen von *Aeschna grandis*, Larve, von oben.

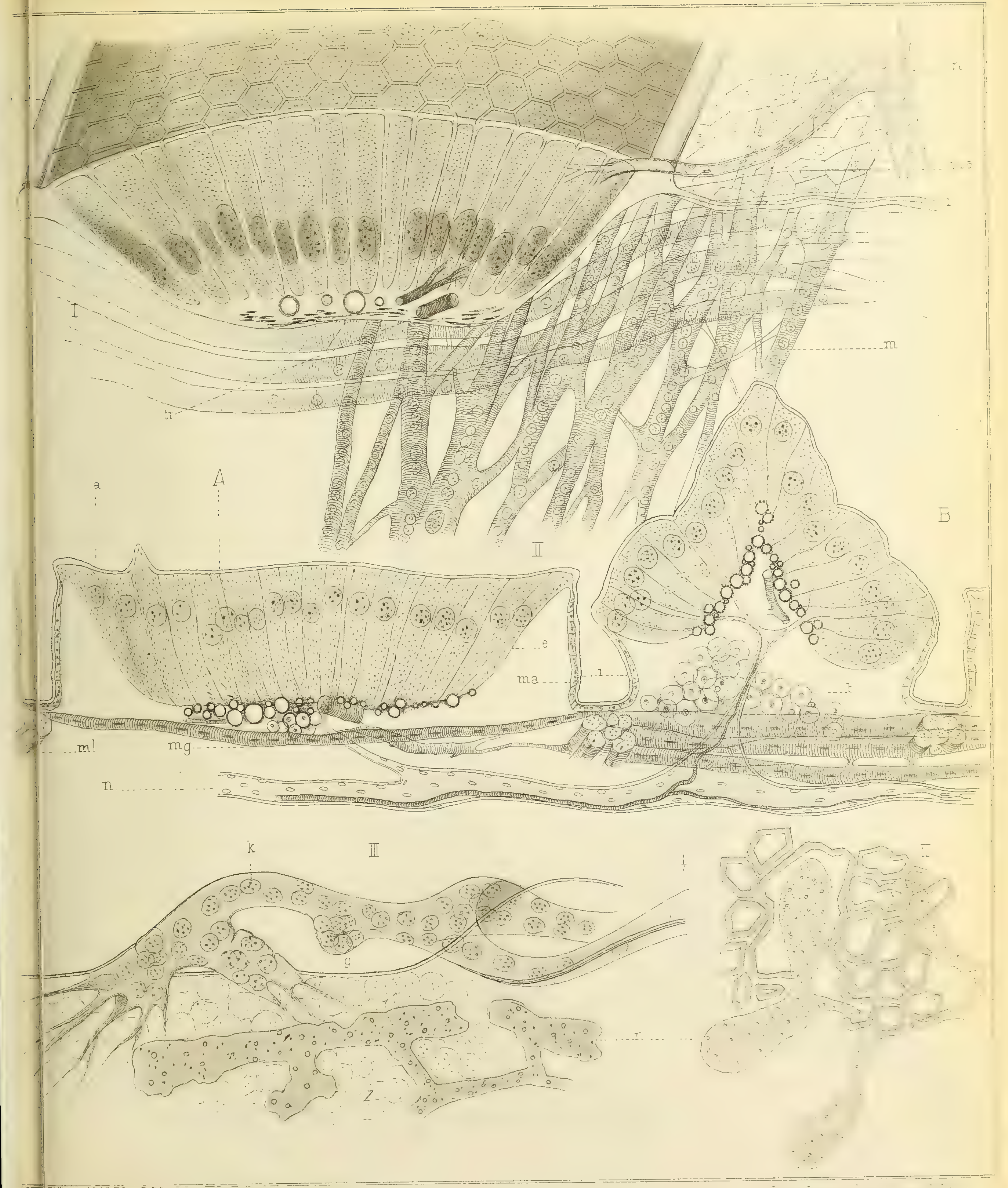
Fig. V. Querschnitt durch einen Tracheenstamm von *Aeschna grandis*, Larve. Bezeichnung wie oben.

Fig. VI. Querschnitt durch eine Trachee von *Stratiomys*, Larve.

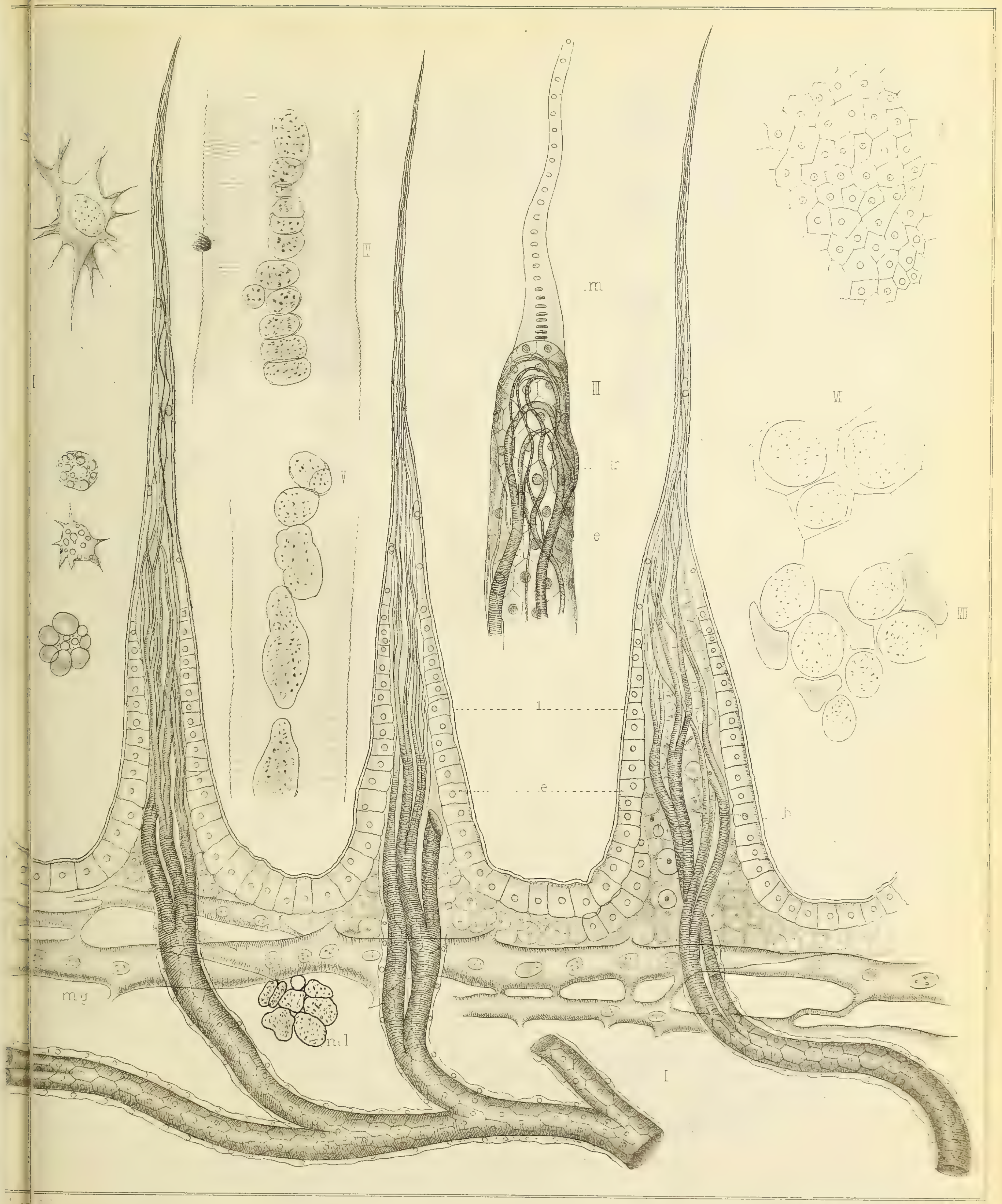
Fig. VII. Epithellage der Tracheen aus einer Puppe von *Apis mellifica* vom 4. Tag.


I
II
III
IV
V
mg
b
i
ml
e
e
a
ma
b




I
II
III
A
B
a
e
ma
l
k
m
ml
mg
n
g
z
r
Clun del.




IV
V
m
III
e
VI
VII
l
e
h
mg
ml
I



Chun ad nat. del.

Lith. Anst. v. Conr. Haas Frkt. a/M



Ueber den inneren Zusammenhang der verschiedenen Krystallgestalten des Kalkspaths.

Von

Dr. Friedrich Scharff.

Mit 5 Tafeln.

In einer Eröffnungsrede zu den Vorlesungen über Experimental-Chemie hat Liebig das Studium der Naturwissenschaften besprochen, insbesondere die Art und Weise wie man sonst die Naturerscheinungen erklärte, und wie man jetzt es thue. Die Deutsche Naturphilosophie habe die Wirkungen die man wahrgenommen verborgenen Qualitäten zugeschrieben, der Erforschung der eigentlichen Ursache damit ein Ziel gesetzt; statt der Erklärung ein Wort, statt der Wahrheit ein blinder Glaube, ein gedankenloses Nachbeten. Die Erklärungen der heutigen Naturforschung seien davon verschieden; diese lege auf scharfsinnige Erfindungen des Geistes kein Gewicht, sie betrachte als ihre Aufgabe eine Erkenntniss welche nur erworben werde durch unermüdliche Arbeit und Anstrengung. Die Ermittelung der Bedingungen einer Erscheinung sei das erste und nächste Erforderniss zu ihrer Erklärung.

Wenn wir Mineralogen diese Aeusserungen, welche der grosse Chemiker vor mehr als zwanzig Jahren über die Naturforschung überhaupt gethan hat, auf die Mineralogie speciel anwenden wollten, müssten wir mit einiger Beschämung eingestehen, dass für diese sie nicht ganz zutreffend seien. Da stehen noch Worte genug statt der Erklärung, da muss noch der Glaube eintreten statt der Wahrheit! Auf die einzige Frage, wie der Krystall baue, welche Erklärungen werden uns geboten? Adhäsion, Aggregation, geometrischer Grundcharakter, Gesetz der Symmetrie, Verzerrung durch Treppenbildung, Charakter als Treppenfläche. Ueberall ist

die Wirkung, das Resultat, mit der Bedingung, der Veranlassung verwechselt. Bei dem gewaltigen Fortschreiten der Wissenschaft verlangen die gewonnenen Resultate immer dringender Prüfung der Fragen, was denn eigentlich ein Krystall sei, wie er baue, welche die Bedingungen eines vollendeten, welche die Veranlassungen eines mangelhaften Baues seien, wie der Krystall gegen äussere Störungen sich verhalte, wie er nach Beseitigung oder Ueberwindung derselben fortbaue und sich zu ergänzen suche.

Solche und ähnliche Fragen hätte man anfangs gern als phantastische Auswüchse von der wissenschaftlichen Behandlung der Mineralogie geschieden, ferne gehalten, — haben doch selbst dickleibige Handbücher für solche Literatur keinen Raum, — allein sie treten mehr und mehr in den Vordergrund, und die physiologische Behandlung, die Physiographie der Mineralien, die Erforschung der Mineralien in ihrem Werden und Wachsen wird allmälig zu einem gleichberechtigten wissenschaftlichen Zweige sich ausbilden. Auch der Krystallograph spricht bereits von »Neigungen« des Krystalls krumme Flächen zu bilden, oder Flächen durch oscillatorische Wiederholung anderer Flächen »hervorzubringen und auszubilden«, selbst von »eigenthümlichem Fortwachsen« der Krystalle.

Als die Abhandlung von den Uebergangsflächen des Quarzes abgeschlossen worden, wandte ich mich wieder dem Kalkspathe zu, mit aus dem einfachen Grunde, weil im Laufe der Zeit dazu ein ziemlich reichhaltiges Material angesammelt worden aus dem Harze, von Matlock, aus dem Maderanerthale, von Traversella, von Przibram, aus dem Münsterthal, von Oberstein, aus dem Erzgebirge, von Island. Die physiographische Behandlung der Krystalle sucht vor allem verzerrte und missbildete Krystalle auf; es fehlte noch an Krystallen, welche im Berge zerbrochen, an Ort und Stelle wieder fortgebildet, ergänzt oder zusammengewachsen waren. Solche von Bleiberg zu erhalten, wurde im Frühjahr 1873 eine Reise dahin unternommen; ich erhielt daselbst nicht einen einzigen Krystall, weder auf dem Wege des Tausches noch des Kaufs; weniges nur in den benachbarten Greut und in Leoben. Die Mineralogie ist eine theure Wissenschaft, nicht nur durch den Luxus, welcher mit schönen und seltenen Mineralien getrieben wird, sondern auch in der Beschaffung des Materials, welches zum Studium nöthig ist.

Auch hier sollte, wie bei der Untersuchung des Quarzes, von der krystallographisch unbestimmbaren Gestalt ausgegangen, das allmälige Ausbilden bestimmbarer Flächen und scharfer Kanten verfolgt, und bis zur vollendeten Gestalt vorgegangen werden; allein je weiter die

Arbeit vorrückte, desto mehr stellte sich heraus dass eine solche Behandlungsweise bei dem Kalkspathe nicht zweckmässig oder nicht erschöpfend sei, da erst festzustellen bleibt, in welchem Verhältniss die verschiedene Gestaltung desselben unter einander steht. Nicht blos Uebergangsflächen waren aufzusuchen, sondern vor allem war der Uebergang der Gestalten zu beachten. Beim Quarze giebt es nur eine bestimmte Gestalt welche als Resultat seiner Thätigkeit oder als Ziel derselben aufgefasst werden kann. Beim Kalkspath scheinen »sehr viele Grundformen zu existiren, die einander völlig unähnlich sind und erst durch weitere Beobachtung in Zusammenhang gebracht werden.«

In den beiden »organischen Wissenschaften«, der Botanik und der Zoologie, ist längst erkannt dass die Entwickelungsgeschichte, die vergleichende Embryologie jetzt den Schlüssel zu den Wahrheiten trägt, deren die Naturgeschichte zu ihrem weiteren Fortschreiten bedarf. Man sucht die grosse Anzahl neben einander stehender Formen in der Weise zu sichten, zu gruppiren, wie sie aus einander sich entwickeln. Dies geschieht in der Mineralogie noch nicht. In der Zeitschrift der deutsch. geol. Ges. 1872, Band 24, p. 397 ist ein Hemimorphismus beim Kalkspathe beschrieben, an einem Ende sei der Krystall begrenzt nur durch oR, am andern aber mache sich 4R bemerklich mit stark gekrümmten Scalenoedern. Hier wäre doch die Missbildung zu deuten. Wenn vor einigen Jahrzehnten die Mineralogie in die Chemie aufzugehen schien, so ist das Gleiche jetzt der Fall mit der Krystallographie. Der Mineralog soll »seine Resultate in die Form bestimmter krystallographischer Gesetze kleiden«, aber alle diese sogenannten Gesetze, sind keine Gesetze, sind nur Erscheinungen, sind selbst Resultate, führen keine zwingende Nothwendigkeit mit sich, wie dies schon Bernhardi ganz richtig unterscheidet.*) Dem Mineralogen ist nicht blos die Aufgabe gestellt, die fertige Gestalt des Krystalls geometrisch zu deuten, sondern auch das Werden und Ausbilden dieser Gestalt zu erklären. Was hilft ihm dabei das Verbessern der Natur.

Es werden die Untersuchungen über den Krystallbau am zweckmässigsten an missbildeten, gerundeten Krystallen angestellt werden, an solchen welche störende Substanz zu überkleiden suchen, an Hüllenbauten über Kernkrystallen. Es scheint dabei gerathen krystallographische Bezeichnung der Flächen nur dann, und nur soweit anzuwenden, als die Flächen eben sind und messbar, sonst aber schon durch die Bezeichnung anzudeuten dass die Fläche krystallographischen Anforderungen nicht entspreche. Es wird dann zu bezeichnen sein:

---

*) Vergl. d. Aufsatz: Werner und Delisle in N. Jahrb. f. Min. 1860. p. 424. 425.

$+ R$	mit Buchstaben	P		$R^{5/3}$	mit Buchstaben		n
$+ 4R$	» »	m		R^3	»	»	r
				R^5	»	»	y
$- {}^1/_2R$	» »	g					
$- {}^5/_4R$	» »	φ		$- R^2$	»	»	x
$- {}^3/_2R$	» »	h		$- {}^1/_2R^5$	»	»	8
$- 2R$	» »	f					
${}^1/_4R^3$	» »	t		oR	»	»	o
${}^2/_5R^2$	» »	w		∞R	»	»	c
				$\infty P2$	»	»	u

Wachsthum der Krystalle. Alles was die Wissenschaft bis jetzt über den Bau des Kalkspaths ausgefunden entbehrt noch des nächsten Erfordernisses zur Erklärung, entbehrt der Ermittelung der Bedingungen der beobachteten Erscheinungen. Wir sehen dass an ein grösseres Octaeder in der Mutterlauge kleinere nach gewissen Richtungen sich anschliessen. Es geschieht allmälig, wir können nicht verfolgen ob dem Anschliessen eine Ausbildung der kleineren Krystalle vorausgegangen, oder ob diese aus dem grösseren sich entwickelt und abgezweigt haben. Hat das erstere stattgefunden, wie seit Hauy die meisten Forscher annehmen, dann muss eine bestimmbare Krystallform, eine Grundform oder auch mehrere aufzufinden sein, aus welcher die mannigfaltigen Gestalten des gleichen Minerals zusammengesetzt werden. Gerade beim Kalkspathe nun stösst dies auf die grössten, bis jetzt noch nicht besiegten Schwierigkeiten. Die Einen haben desshalb mit der Gestalt der Molecüle oder Elemente sich gar nicht weiter befasst, sie haben denselben nur neue Namen gegeben, haben »ursprüngliche Individuen« von »Congregationsindividuen« geschieden; andere Forscher aber haben verschiedene Formen der Elemente angenommen, ohne darüber weitere Rechenschaft zu geben. Brczina, »das Wesen der Krystalle«, in Jahrb. d. geolog. R. Anst. XXIII. 1873. I. p. 141 sucht ein genaues Bild vom Bau eines Krystalls zu geben, indem er gleichgeformte und gleichgrosse Steine auf solche Weise ordnet, dass er sie reihenweise an einander legt, gleichgerichtet, gleichvertheilt; wie die Steine, so auch die Reihen. In demselben Krystalle seien drei nach verschiedenen Gesetzen bestehende Anordnungsweisen zu bemerken, die der Partikel im Krystall, der Molecüle in den Partikeln, und der Atome in den Molecülen. Peters, Min. Not. in N. Jahrb. f. Min. 1861 p. 438 giebt Beschreibung einiger Kalkspathkrystalle, welche in die ersten Anfänge der Bildung solcher Krystalle einen Blick gewähren sollen. Die Elemente der Kryställchen

werden hier als R . ∞R angegeben, weiterhin »ziemlich grobe Elemente« als — ½R . ∞R be schrieben, dann auch Rhomboeder-Aggregate besprochen und Bedrusung durch mikroskopische Kern-Rhomboeder. Leydolt suchte durch Aetzen Vertiefungen herzustellen welche den kleinsten regelmässigen Körpern entsprechen sollten, andere suchten in der sphärischen Form dieser kleinsten Theile einen Ausweg auf welchem alle Schwierigkeiten umgangen werden könnten.

Ich halte nicht dafür dass die Mineralogie auf ihrem jetzigen Standpunkte mit solchen Hypothesen sich begnügen darf. Kein Mineral widerspricht denselben so entschieden als der Kalkspath, an welchem unablässig neue Flächen und neue Gestalten aufgefunden werden. Es sind nicht verschiedene Gestalten von Individuen welche durch Aneinanderreihen dieselbe Gestalt in grösserem Umfange wieder darstellen, die Typen des Kalkspaths sind der Entwickelung fähig, sie ändern sich allmälig um, sie können in andere Formen übergehen. Wir haben nur dunkle Vermuthungen über die Bedeutung der Zahlenreihen welche aus den verschiedenen Axenlängen zusammengestellt worden sind, über sogenannte Reihengesetze, über die Zonenfolge der einzelnen Flächen wie über das »Princip der Zonen«, über die Bedingungen welche das Zusammenauftreten verschiedener Flächen ermöglichen oder aber ausschliessen, wir vergleichen die Gestalten des Kalkspaths mit hohen und niederen Tönen, ohne aus solchem Vergleiche irgend ein Resultat ziehen zu können.

Dr. Klocke, »Ueber das Wachsthum der Krystalle« (N. Jahrb. f. Min. 1871, p. 369. 1872, p. 481) hat in feiner Weise Beobachtungen angestellt, wie die Vergrösserung der Krystalle erfolge. Er gedenkt der drusigen Ausbildung vieler Krystallflächen welche in kleinem Format die grössere Gesammtfläche wieder zeigen, der Streifungen, ja sogar der zerfaserten Endausbildung, der convexen Krümmungen und der Polyedrie, und ist geneigt alles das der Aggregation auf Rechnung zu schreiben. Allein dies ist eben ganz unmöglich, weil solche Unregelmässigkeiten beim Kalkspath fast nie dieselben Formen zeigen wie der Gesammtkrystall.

Die grosse Schwierigkeit über das Wachsthum der Krystalle zu festen Resultaten zu gelangen, wird uns gewiss alle zu nachsichtiger Beurtheilung eines jeden derartigen Versuchs bestimmen, um so eher wenn Irrthümer eingestanden und berichtigt werden. Das Werk »Krystall und Pflanze« ist bereits an andern Orten als eine bei aller gewissenhaften Beobachtung doch ungenügende Arbeit bezeichnet worden. Es muss hier Einiges über den Kalkspath speciel darin Gesagte hervorgehoben werden. So ist nach der damals noch herschenden Vorstellungsweise das Wachsen desselben aus Bildungen von Schichten und Lamellen gedeutet

worden; die Krümmung einer Fläche aus dem allmäligen Vorrücken der Lamellen; die Entwickelung des Scalenoeders aus rhomboedrisch construirten Lamellen oder Lagen, welche sich überdecken; das Umschaffen des Rhomboeders + R durch allmälige Verkürzung der Lamellen in ein stumpferes Rhomboeder — $^1/_2$ R. (p. 75, 99). Es bringen die folgenden Seiten ungenügende Deutung des Gruppirens kleiner Krystalle, so wie die nicht gehörig begründete Vermuthung dass der Kalkspath eine »höhere Stufe im Reiche der Krystalle einzunehmen« scheine, und dass die Mannigfaltigkeit seiner Gestaltung auf das Streben nach selbständiger Entwickelung hinweise. In den als Nachtrag jener Arbeit beigefügten Bemerkungen ist bereits von allen derartigen Schlussfolgerungen abgesehen worden.

Intussusception. In dem Aufsatze »über die milchige Trübung auf der Endfläche des säuligen Kalkspaths« (N. Jahrb. f. Min. 1860, p. 535 ff.) ist p. 12 eines inneren Zusammenhanges unter den verschiedenen Formen des Kalkspaths gedacht, das Vortreten des Scalenoeders bei Störung des prismatischen Baues, und der mannigfaltigen Ausbildung des letzteren. Daneben ist besprochen dass das Innere der Kalkspathkrystalle oft nicht homogen sei, im Tafelbau ein scalenoedrischer Kern, oder auch lockerer gebaute Theile sich zeigten. Solche unvollständige Erfüllung des Krystall-Innern findet sich mannichfach beim Kalkspathe; G. Rose hat solche selbst vom Isländer Kalkspath beschrieben. Hohlräume finden sich ebensowohl gleichmässig durch den ganzen Krystallraum vertheilt, wie nur in der Krystallmitte, oder auch blos zunächst der Oberfläche. Es ist sehr wahrscheinlich dass auch die unzähligen von der Oberfläche der Stalaktiten von Bellamar und Hüttenberg nur wenig tief »eindringenden Sprünge« (vom Rath, Min. Mit. Forts. 5, p. 531) solche bei mangelhafter Krystallbildung unvollendet gebliebenen Theile des Krystalls bezeichnen. Beim Einlegen gewisser Kalkspathe, z. B. von Katzis, Graubünden, in Wasser, zeigt ein Aufsteigen zahlreicher Luftbläschen das Vorhandensein feiner Hohlräume an. Der Krystall ist wohl homogen, was die Substanz betrifft, nicht immer auch im Gefüge. Die Einführung der zur Fortbildung nöthigen Substanz in das Innere, oder auch nur in einen äussern, unvollendeten Theil des Krystalls, scheint wenigstens bei mangelhaft gebildeten Krystallen sehr wohl möglich zu sein; indess ist der Beweis dass das Wachsen der Krystalle wirklich in der Weise vor sich gehe, sehr schwierig. Unter den schönen Beobachtungen welche Herr Dr. Klocke über das Wachsen der Krystalle angestellt, betupfte er auch eine dendritische Salmiakbildung mit wenig rothem Lack (N. Jahrb. f. Min. 1872, p. 483). Der wachsende Salmiak erhob sich am Rande desselben mehr und mehr, lagerte sich auf die fremde Substanz über, wuchs ganz darüber hin. Daraus ist nun

geschlossen worden dass die Vergrösserung durch »äussere Anlagerung« neuer Substanz vor sich gehe, und zwar vermittelst der Adhäsion. Man könnte aber dasselbe Ergebniss in geradezu umgekehrter Weise deuten, und ohne die räthselhafte Adhäsion. Es kann die neue Substanz durch das Innere des lockeren Dendritenbaues aufgestiegen sein; bei dem Lack angelangt war das Weiterdringen verwehrt. Dasselbe findet bei dem Bergkrystall statt, welcher durch eine Kalkspathtafel gehindert ist; kann er in der Hauptaxenrichtung irgendwo durch- oder vorüberwachsen, so breitet er sich demnächst vorzugsweise in der Richtung der Seitenaxen aus, überkleidet und umschliesst die Tafel, ohne damit den Beweis zu liefern dass alles dies durch Affinität, Adhäsion und bloss äusseres Anlegen von Substanz geschehen sei, oder gar durch »Ueberfliessen der Lauge«. Das Studium des Krystallbaues mag wohl die künstlichen Krystalle zur Vergleichung beiziehen, es sollte sich aber nicht auf dieselben beschränken. Blumenähnliche, aus Lösungen im Glase erwachsene Gestalten bilden oft auf dem Rande des Gefässes feine Krystallnadeln »die sich unter Winkeln schneiden, welche zu dem Krystallsystem der betreffenden Substanz in engster Beziehung stehen«. In solchen verschieden gerichteten Krystallnadeln liegt eine verschieden gerichtete Thätigkeit des Krystallbaues, ein noch gesondertes Resultat der Bildung uns vor.

Flächenbildung. In einem weiteren Aufsatz über den kohlensauren Kalk, Rhomboeder und Scalenoeder (N. Jahrb. f. Min. 1862) ist die verschiedene Ausbildung der positiven und der negativen Kalkspathflächen besprochen, die letzteren seien mangelhafter, oft convex gerundet, übergehend in andere Flächen; in dieser Richtung scheine der Krystall mit Bevorzugung zu bauen. Die positiven Flächen seien besser hergestellt und geebnet, erschienen als weiteres Resultat der Thätigkeit des Krystalls. Dies ist nicht ganz richtig. Es lässt sich beim Kalkspathe wie beim Quarze eine allmälige Herstellung der krystallographischen Gestalt verfolgen, das Ebenen der gerundeten Form, das Herrichten der Fläche und der geraden Kante. Allein dieser Vorgang entwickelt sich keineswegs bloss aus den negativen Flächen des Kalkspaths, sondern auch auf andern Stellen, z. B. bei den Mittelkanten, aus *c* und *u*. Dann auch sind es nicht blos negative Flächen, welche zuerst ausgebildet werden, sondern auch + 4 R und + R erscheinen sehr häufig auf der rauhen Rundung des unvollendeten Krystalls, ähnlich wie 2P2 und x an den gerundeten positiven Rhomboedern des Quarzes. Bei der verschiedenen Gestaltung des Kalkspaths scheinen auch verschiedene Flächen in der Ausbildung bevorzugt; aus den eiförmigen Rundungen von Freiberg und Schneeberg bilden sich zuerst Theilchen einer Fläche *g* mit den Gipfelkanten aus (Rhomb. u. Scal. fig. 17), bei anderen Vorkommen ist es *f*

oder auch *c* welches zuerst in Rundung sich glättet, oder, wie bei vielen Stalaktiten, sind dies $+ 4R$ und $- 2R$.

Es ist noch nicht gelungen die ersten Anfänge der Krystallbildung aufzufinden, zu beschreiben; nur den bereits in der Entwickelung befindlichen Krystall bemerken wir und können den weiteren Verlauf derselben verfolgen. Es sind kegelförmige, büschelartige Gruppen welche, ähnlich wie beim Quarze, in manichfaltiger Weise zusammentreten, sich drängen, oder zusammen verwachsen (vergl. Ueber den Quarz II. Taf. 1). Die Art der Gruppirung prägt sich verschieden aus in den sogenannten Kennzeichen der einzelnen Flächen, $-\frac{1}{2}R$, $-2R$ ∞R, R^3, indem entweder die Gipfel der Kegelgruppen in der Flächenmitte gegen einander stossen, sich concentriren, fig. 14, 27, 33, oder aber die Oberfläche der Kegel als spiessige, gleichgerichtete Gruppenbildung in die Flächenebene fällt, fig. 32, 49. Wie aber das Verwachsen, vielleicht auch das Durchwachsen der Kegelbildungen statt habe, das wissen wir bis jetzt nicht. Je grösser die Gleichmässigkeit der Krystall-Fügung bis ins Kleinste, desto ebener und glatter die Fläche; Unregelmässigkeiten offenbaren sich in dem Vortreten kleiner gerundeter Köpfchen, oder Eckchen, oder Kegelsegmente, in der Ausbildung von gleichgerichteten Furchen und Treppen, oder in kreuzweiser Gitterung.

Rauhheiten und Hohlformen. Rauhe Flächenbildung ist auf ungeregelten Bau zurückzuführen; es drängen sich kleine Erhebungen vor, auf denen allmälig glänzende Stellen sich ebnen. Diese, entweder auf dem Gipfel der Erhebung, entsprechen der Richtung der Gesammtfläche, in welche sie auch aufgehen, oder sie liegen am Abhange der Erhebungen, glänzen mit einer anliegenden Fläche ein, und scheinen bestimmt allmälig mit dieser sich zu vereinigen. So kommt es dass der Spiegelreflex einer gegitterten Fläche sehr häufig ein anderer ist, als der Gesammthabitus derselben vermuthen lässt.

Den Rauhigkeiten der Flächenbildung, mögen sie erkennbar sein in sichtbaren Erhebungen, oder mag die Fläche nur als »matt« »wie angehaucht« zu bezeichnen sein, entsprechen in der Regel Vertiefungen zur Seite der Erhebungen, lang erstreckte Furchen oder enger begrenzte Hohlformen. Diese Vertiefungen welche oft irrthümlich einem Ausfressen, einer Corrosion zugeschrieben werden, zeigen wie die Erhebungen, mehr oder weniger glatte, zum Theil krystallographisch bestimmbare, mit Nachbarflächen einschimmernde, oder auch unebene, gerundete, unmessbare Formen. Ihre längere oder kürzere Erstreckung ist durch den Bau der Erhebungen bedingt. Bei sorgfältiger Beachtung findet man sie ausserordentlich häufig. Selbst der Isländer Kalkspath welcher als »das Urbild einer ungestörten Krystallisation« bezeichnet worden ist, hat

nicht nur zahlreiche Furchen und Hohlformen ausgebildet, sondern auch ganz bestimmte unvollendete Erhebungen, Uebergangsflächen an rauhen Köpfchen, »gleichsam aus ihm herausgetriebene Knospenkrystalle« (Hessenberg No. 7, p. 2). Und ebenso zeigt der stalaktitische Kalkspath aus der Wichlerhöhle und von Bellamar, ganz bestimmte, selten aber krystallographisch bestimmbare Hohlformen, »negative Krystallflächen gleichsam«.

Diese Hohlformen ebensowohl wie die über die Fläche vortretenden Erhebungen, Aufbauten vermögen am besten uns näheren Aufschluss zu geben über die Bildung der Krystallflächen.

Treppen- und Gitterbildung. Es ist sehr bequem die Treppenbildung auf den Krystallflächen als Reihen gleichgerichteter Krystallchen oder Singularindividuen zu deuten, allein man stösst überall auf Thatsachen welche eine andere Auffassung verlangen. Die Treppenbildung hat keinen bestimmten »Charakter«, wenn nicht den einer Uebergangsbildung, und zwar ist es entweder die eine Fläche welche zur Vollendung des Krystallbaues in die andere übergehen muss, oder es sind beide Treppenflächen nur Uebergangsflächen. Solche Treppenbildung findet sich zumeist in der scalenoëdrischen Hauptzone als R^3 und der begleitenden Uebergangsfläche R^5, dann auch in der Zone der positiven Rhomboëder, besonders als R . 4R, bei dem Isländer Kalkspath auch als R . 4R . 10R weniger bestimmt und seltener in der Zone der negativen Rhomboëder als *g*, *f* oder als *φ*, *f*; dann aber wieder unendlich häufig bei missbildeten Prismenbauten, statt der Seitenkanten mannigfaltige Scalenoëder als Uebergangsflächen im Treppenbau. Auch die Furchung der Flächen ist hier zu berühren; sie ist meist, wie besonders auf der Fläche *g* nur eine gerundete, nicht ausgebildete Treppenbildung, nicht selten geht sie aber nach dem flacheren Scalenoëder hin in eine solche über. Auch positive Rhomboëder kommen vor als Uebergangsflächen im Treppenbau mit dem Scalenoëder. So + 4R als schmaler, glänzender Streifen entlang R^3 des Isländer Kalkspaths hinziehend. Alle solche unvollendete Bildungen sind auf Gruppen der erwähnten Kegelformen zurückzuführen, wie bei den einzelnen Flächen weiter auszuführen sein wird.

Treppenbildung kann auch in verschiedener Richtung sich kreuzen, gitterförmig. Solche Gitterzeichnung findet sich nur auf bestimmten Flächen mangelhaft ausgebildeter Krystalle, hergestellt durch leistenartige Erhöhungen, oder als vertiefte Furchung, Fig. 90. 98, oder auch als Treppenbildung nach der einen Richtung, als Vertiefung nach einer andern. Fig. 111. 159. Es glänzen in derselben benachbarte Flächen ein, auf gerundeten Scalenoëdern *r* von Andreasberg die Fläche + 4R, ∞ R, auch *n* und *y*.

Auf Krystallen von Rossie und von Raibl ist solche Gitterung auf *r* glänzend erhaben, theilweise auch auf *y*. Diese mangelhafte Bildung scheint auf unvollendetem Zusammenwachsen

oder aber Durchwachsen zu beruhen (vgl. Rhomb. u. Scal. Fig. 36. 39. 40. 50); sie verdient die sorgfältigste Untersuchung, weil in ihr das Resultat verschiedener Thätigkeitsrichtungen des Krystallbaus angedeutet ist. Der Kreuzungswinkel ist kein constanter, auf *r* wohl meist zu 60° und 120°; die eine Furche breiter, gerundet im Uebergang zu *y*, die andere schärfer, aber schmal, glänzend. Zuweilen wird die Gitterung auf *r* durch parquetartig geordnete Zitzenformen gebildet, die Seitenflächen oder der Abfall der Erhöhungen mit *m . c . u* einschimmernd. Fig. 120. 128. 133. — Sehr verschieden von der Gitterzeichnung auf *r* ist die auf — 2R oder *f*; es kann daraus auf die Verschiedenheit der Bildung beider Flächen geschlossen werden. — 2R ist an Krystallen von Hüttenberg in Kärnthen horizontal gefurcht zunächst des Krystallgipfels, nach der Flächenmitte hin zeigen sich spiessige Gruppen, ebenfalls horizontal gelagert, von einer Polkante ausgehend, oder von beiden Seiten her gegen einander gerichtet; Fig. 28. 32 — 34; es ist damit ein Anschwellen der Fläche verbunden. Bei anderen Störungen des Krystallbaus ist noch eine feine verticale Streifung oder Furchung zu bemerken, dies besonders auch bei Krystallen von Matlock, von Bürgel bei Offenbach, von Hüttenberg und von Aussig. Fig. 24. 31. 34. Auf verzerrten, nach *f* erstreckten Tafeln vom Harze erheben sich zur Gitterzeichnung kleine Gipfelchen in der Mitte der Fläche, nach den Seiten hin verlaufen sie in horizontale Furchen. Fig. 29. 30. Bei Krystallen von Bergenhill und von Oberstein (Rhomb. u. Scal. Fig. 14) ist der obere Theil der Fläche *f* geebnet, die Mitte drängt polyëdrisch vor, und auf den seitlich abfallenden, unteren Flächentheilen allein ist die verticale Vertiefung in spitze Hohlräumchen gesondert. Fig. 6. 10.

Abermals verschieden gegittert ist eine dritte Fläche des Kalkspaths, nämlich ∞ R oder *c*. Die Gitterung ist nicht als horizontal und vertical, sondern als diagonal zu bezeichnen, Fig. 93. 105; sie findet sich an Krystallformen ∞ R . oR als erhöhte Leisten- oder Wulsten-Bildung, ebenso aber auch an Krystallen ∞ R. — ½R, z. B. auf Krystallhüllen von Tharand, vertieft in Furchen. Wo sie auftritt ist das Prisma oft zu steilem Rhomboëder verzerrt, auf dem gerundeten Krystallgipfel erheben sich aus rauher Rundung spiessige Formen welche mit den gekreuzten Furchen glänzend einschimmern. Fig. 89. 93. Auf den schönen Krystallen von Alston Moor ∞ R . g . *f* scheint die zarte Gitterung des Prisma mit der scalenoëdrischen Abrundung von *f* einzuspiegeln. Fig. 90. Ueberall wo solche Gitterung sich bemerklich macht ist sie nicht durch Auflagerung gleichgeformter Moleküle entstanden, sondern durch ungeregelten Bau in gerundeten, unmessbaren Formen; sie ist so wenig wie die Treppenbildung aus »oscillatorischer Combination« zu erklären.

Auch auf der Endfläche oR ist eine sich kreuzende, aber weniger deutliche Gitterzeich-

nung zu bemerken. Von den sechs Ausschnitten oder Flächentheilen zeigen drei eine spiessige Wulstenbildung welche mit der Basis normal auf der positiven Combinationskante steht, die drei andern aber, welche dem negativen Ende der Prismenflächen anliegen, sind unter stumpfem, unbestimmbarem Winkel gegittert. Fig. 136.

Wie der Treppenbau selten über eine ganze Fläche hin mit derselben Bestimmtheit sich zeigt, — 2R ebenso wie R^3 gewönlich zunächst des Gipfels besser geebnet ist als in der Flächenmitte oder zunächst der Mittelkante, so ist auch die Vertiefung des Gitterbaus meist nur auf Theilen der Flächen zu beobachten. Die Herstellung der Fläche ist noch unvollendet, bei gestörtem Bau sind die Vertiefungen oft von brauner Substanz erfüllt. Man hat die Einschnitt-artigen Vertiefungen auf R^3 gewönlich als ausgeätzte Stellen aufgefasst und bezeichnet; oft sind sie aber durchaus frische Bildung. An Krystallen von Island zeigen sich solche Vertiefungen in Kreuzung mit den gerundeten Furchen von $\infty P2$ oder u, in scharfen längeren und kürzeren Schnitten durch die erhöhten Wulsten der glänzenden, durchsichtigen Ebene welche Niemand wol als durch Aetzung geschädigt bezeichnen dürfte, Fig. 159, und ebenso durch die breiten, flach erhöhten Wulste welche über die Flächen R^3 hinziehen. Fig. 163.

Wir werden auf jedem Schritt aufmerksam gemacht dass es unmöglich ist den Aufbau und das Fortbauen, Wachsen, Ergänzen des Krystalls durch fertige, krystallographisch bestimmbare Theilkrystallchen zu erklären. Wir finden stets wieder, beim Kalkspath wie beim Quarze, die büschelförmige, kegelähnliche Gruppirung unbestimmbarer Krystalltheilchen, aus welcher die Fläche und der messbare Winkel allmälig erwächst, sich herstellt. Die Verschiedenheit der Flächenbildung beruht auf der mannigfaltigen Weise in welcher die Büschelgruppen sich lagern, gegen einander stossen und zusammenwachsen. Es wird nicht ohne Interesse sein in dieser Beziehung die hauptsächlichsten oder die wesentlichsten Flächen des Kalkspaths näher zu untersuchen. Am besten mag man dabei von dem unvollkommenen Bau ausgehen, die negativen und die positiven Rhomboëderflächen, die prismatischen Flächen und den scalenoëdrischen Bau sondern. Der Herstellung von Kanten scheint stets ein Widereinanderwachsen, ein Kreuzen der erwähnten Büschelgruppen zu Grunde zu liegen. Je gleichmässiger durch den ganzen Bau dies erfolgt, desto besser hergestellt und schärfer erscheint die Kante und die Ecke. Nicht Scalenoëderecken bilden die Rhomboëderflächen, und nicht gestalten Rhomboëdertheile das Scalenoëder; aus dem Formlosen wird der eine wie der andere Typus in den verschiedenen Flächen, Kanten und Ecken ausgebildet. Wie bei dem Quarze die Trapezoëder oft von spiegelndem Glanze und vollkommener Ebenung gefunden werden, und doch nur als Uebergangsflächen zu bezeichnen sind, so scheinen auch viele Flächen beim Kalkspathe insbesondere unter den nega-

tiven Rhomboëdern, wie $-{}^{9}/_{8}R$ vom Lake superior, $-{}^{2}/_{3}R$ von Agaete, nur als Uebergangsflächen gedeutet werden zu dürfen. Allein beim Kalkspath verlangen solche Deutungen eine weit grössere Vorsicht und noch sorgfältigere Prüfung als beim einfacher gestalteten Quarze.

Stalaktitische Krystallisation. Wenn bei Störungen oder Uebereilungen des begonnenen Krystallbaus, z. B. den zersprengten Krystallen von Bleiberg, Fig. 149, vorzugsweise die Fläche $-{}^{1}/_{2}R$ oder g mit t sich bemerklich macht, so ist bei der Entwickelung, dem Uebergang der formlosen Gestalt des Kalkspaths zu Krystallflächen ungemein häufig die gerundete Fläche f zu finden, dies namentlich auch bei kugelförmigen oder stalaktitischen Bildungen. In hohlen Räumen des Kalksteins von Cimiés, Nizza, finden sich gerundete Gestalten des Kalkspaths, blumig oder knospenähnlich ohne jegliche ebene, messbare Fläche. Fig. 52. Dass die glänzenderen, mehr geebneten Stellen als f aufzufassen seien ist nur aus den Hohlformen und den Spaltflächen zu schliessen. Bei andern Gruppen ist diese Fläche auch bestimmter ausgebildet, geebnet, glänzend aber ohne feste Gränzen, statt der Krystallgipfel und Kanten eine rauhe Abrundung, der Kern dichter, dunkler, die Hülle weisslich, streifig nach der Hauptachsenrichtung. Aehnliche stalagmitenartige Bildungen kommen bei Matlock vor und bei Dufton, Fig. 7, strahlig über älterem Kalkspath, nierenförmig; auch kammartig gruppirt bei Przibram. Aus dem Languedoc stammen Cylinderbildungen in der Längenaxe hohl, äusserlich auf blumiger Bildung erkennbar $-2R$ oder f, zum Theil auch $+R$. Hohle Röhren von Andreasberg sind von Kalkspathgruppen umlagert der Gestalt $f . oR . +4R . +R$. Auch die wunderbaren Bildungen aus der Höhle von Bellamar, bei Matanzas, Cuba, sind hier zu erwähnen, (vom Rath in Min. Mitth. Forts. V. p. 530) rein, durchsichtig, glänzend wie der Isländer Doppelspath. Sie zeigen äusserlich und auch zum Theil im Innern der hohlen Röhre $f . +4R . R . mR^n . u$. Fig. 95. — An Stalaktiten von Niemtschiz bei Boskowiz (Urba in Lotos Zeitschrift 1872) werden dieselben Flächen gefunden. Auch an stalaktitischen Säulen oder Stengeln von Hüttenberg (so besonders in der auserlesenen Sammlung des Herrn Oberinspector Seeland in Klagenfurt) sind auf dem Gipfel die Flächen f und $+4R$ mit rauher, dreigetheilter Krystallspitze zu erkennen, ähnlich Fig. 11.

Es ist nicht bestimmt festzustellen ob bei solchen Krystallbildungen die Fläche f zuerst sich ausbildet, oder ob zuerst $+4R$ und vielleicht selbst $+R$ erscheint. Wie $+R$ zu $+4R$ bei solchen Bildungen, so scheint g zu f sich zu verhalten; die beiden ersteren ebener, aber lückenhaft, mit zahlreichen hohlen, unausgefüllten Stellen; die letzteren gerundet, aufgeschwollen oder stenglich abgetheilt. In der Adelsberger Grotte herscht das positive Rhomboëder vor. Fig. 107. Man kann unter den an Stalaktiten und Stalagmiten gebildeten Krystallen meist

sehr bestimmt diejenigen erkennen welche an oberen Stellen der Ablagerung gebildet, und diejenigen welche nach unten gewachsen sind. Auf der unteren Seite des Handstücks ist der blumige Gruppenbau weit mehr vorherschend, die Krystalle kleiner, aber mannigfaltiger gruppirt und verbunden, die Fläche + R erkennbar, rauh, löcherig, die Kanten nicht ausgebildet, + 4 R kaum zu bemerken. Der oberen Seite des Stalagmits sind grössere Krystalle aufgewachsen, z. Th. über erbsengross, weiss, von sehr lockerem Bau, + R glänzend aber von rauhen, vertieften Stellen übersät; die Fläche + 4 R fast noch mangelhafter hergestellt, darauf in vielen Pünktchen + R einschimmernd im Treppenwechsel. Mittelkanten sind weder oben noch unten ausgebildet, auch nicht die Fläche *f*. (Krystall und Pflanze, Fig. 10.) Ganz in ähnlicher Weise ist bei stalagmitischen Bildungen von Wiesloch das positive Rhomboëder + R geebnet, die Flächen mangelhaft erfüllt, aus zahlreichen glänzenden Pünktchen gebildet, welche auf dem Gipfel rauher Pyramidchen gleichgerichtet sind. Bei diesem Vorkommen sind die Stellen zunächst der Polkanten am besten ausgefüllt; auch hier ist + 4 R unvollendet, nur in Pünktchen aus gerundeten Formen vorschimmernd, anscheinend auf stenglich gruppirten Krystalltheilen. Fig. 106. Bei den erwähnten Stalaktiten oder Stalagmiten von Bellamar ist der Gipfel + R rauher, gerundeter als + 4 R, dieses ebener, glänzender, wenn auch noch mit zahlreichen Vertiefungen versehen aus welchen *c* vorglänzt. Auch bei stalagmitenähnlichen Bildungen von Matlock, runzelig, wie abgeleckt, scheint zumeist + 4 R aufzutreten, in geebneter Flächenbildung, + R glänzt wol auch mit Sp . R ein, aber weniger eben, gerundet. Die Krystalle aus dem Keuper von Sinzheim (Leonhard, Baden, p. 94) als sehr spitze Rhomboëder beschrieben, — 2R . 16R . ∞R . — ½R, sind öfter zu mannigfaltigen Gebilden gruppirt; spiessigen, langgestreckten Krystallen fehlt jede Symmetrie, die Flächenmitten sind vertieft, unvollständig hergestellt. Daneben blumige, moosähnliche Gruppen, unsymmetrisch verzerrt, in der Aufsicht vierseitig, die Flächen treppig, die Kanten zackig. Fig. 1. 2. 8. 12. 13. An solchen z. Th. strahlig gruppirten Theilkrystallen ist öfters + R in kleinen Pünktchen auf dem Gipfel geebnet, in grosser Menge, aber ohne bestimmbare Grenzen glänzen sie über den Gruppenbau ein. Fig. 2.

Weit häufiger als die positiven Rhomboëder + R und + 4 R treten die negativen Rhomboëder *f* und *g* zuerst geebnet auf.

Das steilere negative Rhomboëder *f* = — 2 R zeigt in allen Missbildungen das Aufschwellen der Fläche in der Mitte, die Häufung gerundeter Gipfelchen daselbst. Dieses convexe Runden und die Formenhäufung scheinen so charakteristisch zu sein für die Fläche *f*, dass diese Bezeichnung hier vielleicht in allzu weiter Ausdehnung für steilere, negative Rhom-

boëderbildungen überhaupt angewendet wird. Es wäre zu entschuldigen, weil gerade *f* sehr häufig als einzige bestimmbare Fläche erkannt werden kann, und zwar nur gerundet; so z. B. an keulenförmigen Gruppen von Schemnitz und Schweinheim, Fig. 9, 15, bei Morgenstern-ähnlichen Gruppen von Glocester und von Sinzheim, an wurmförmigen Gruppen vom Harze, und an stalagmitenartigen Bauten von Dufton, Fig. 7. Bei solchen Gruppenbildungen ist es schwierig zu entscheiden ob ein ungeregelter Bau eines einzigen Individuums, ein Abzweigen vorliege, ob das Zusammentreten verschiedener Individuen. Es haben dieselben gemeinschaftliche Spaltflächen, und zwar krummschalige oder gewölbte, (vergl. vom Rath, Min. M. Forts. V. pag. 537. 539). Das Abzweigen findet zwar meist statt in deutlich erkennbarer Zwillingsstellung nach — ½ R, wie bei den Elba'schen Krystallen; zuweilen aber auch in abweichender Axenrichtung. Fig. 5. 12. 18. 36. Bei geweihähnlichen Verzweigungen aus der Wichler Höhle, Fig. 3, sind zum Theil Gruppen gehäuft, zum Theil aber auch einzelne Krystalle in geschlossenen Kanten ausgebildet, in Zwillingsstellung vortretend.

Bei einem der vielen vergeblichen Versuche die Albite von Thusis an der Stätte ihrer Bildung aufzufinden erhielt ich Kalkspath von Katzis, Zwillingsgruppen der Gestalt *f*, aus Klüften des schieferigen Gesteins. Aus einer Stammbildung treten drei Aeste oder Gruppen in Zwillingsbildung vor, aus denselben wieder, wie es scheint, kleinere Zweige derselben Gestalt. Fig. 4. 5. Bei der Mannigfaltigkeit der Gruppirung und Häufung ist eine Sicherheit kaum zu gewinnen, auch sind die Krystallformen meist bedeutend spitzer als *f*. Ganz ähnliches findet sich an den Gruppen von Iberg, von Dufton, von Sinzheim. Fig. 12. 13.

Auch bei dem Kalkspath aus Siedpfannen bilden sich wohl solche Verzweigungen; sie wachsen aus den weissen Tafeln nach allen freien Räumen in feine Spitzen *f* aus, zwillingisch die zierlichsten Knospen- und Blumenbildungen darstellend.

Die charakteristische Zeichnung der Fläche — 2R ist bereits in früheren Abhandlungen beschrieben und dargestellt als flach erhobene Scheiben- oder Tellerform, Fig. 20. 21. 23. 40—44. Sie ist zurückzuführen auf das Zusammendrängen, oder auf ein Vordrängen von Krystalltheilen in der Flächenmitte. Das Hüttenberger, besonders auch das Harzer Vorkommen bieten hierzu die mannigfachsten Uebergänge und Abänderungen. Fig. 14. 27. 33. 49. 50. In der Flächenmitte zeigen sich die vordrängenden Krystalltheile als gerundete Gipfelchen einer dreiflächigen polyëdrischen Erhebung meist parquetartig gruppirt, Fig. 29. 31. Die gegen den Krystallgipfel gerichtete Theilfläche ist am besten geeint, meist wol als *f* zu bezeichnen, Fig. 6. 10. 14. 15. 39. Die beiden unteren Theile der polyëdrischen Erhebungen sind in der Richtung der schiefen Diagonale gesondert, mehr oder weniger stenglich gruppirt, als Furchung sich wiederholend. Fig. 6. 10. 42. 47. 50a. Man

kann dabei vielleicht von scalenoidischen Formen reden, nicht aber von bestimmbaren Flächen. Es liegt in diesen polyëdrischen Erhebungen der Fläche — 2R, oder eigentlich *f*, ein Schlüssel zur Deutung der Proteus-Natur des Kalkspaths. Wir sehen die oberste der drei polyëdrischen Flächen mehr oder weniger geneigt, breiter gerundet oder schärfer zugespitzt. Fig. 6. 10. 14. 21. Je mehr das Scalenoëder an solchen Krystallen sich ausbildet, der scalenoëdrische Bau die Ueberhand gewinnt, desto mehr schwinden auch die beiden unteren polyëdrischen Theile von *f*. Am Krystallgipfel ist zuweilen noch die Scheibenbildung der obersten polyëdrischen Theilfläche zu bemerken, diese Fläche steigt in gerundeter Treppenbildung nach der Krystallmitte herab. Fig. 40. 41. Je mehr der Krystall prismatisch sich erstreckt, desto mehr auch die Scheibenform nach der Hauptaxe oval, je mehr die Endfläche oR sich geltend macht, desto breiter in horizontaler Richtung die Erhebung. Fig. 39. 43. 44.

Am besten kann man die mancherlei Wandelungen dieser Flächenbildung an den Andreasberger Krystallen verfolgen, besonders an solchen welche die Endfläche oR mehr oder weniger ausgeprägt haben. Gewönlich ist dann die oberste der polyëdrischen Flächen flacher als — 2R, meist als — $^3/_2$ R oder *h* zu bezeichnen, oder als — $^4/_5$R = φ. Die unteren Flächentheile sind gerundet durch Gruppenhäufung spiessiger Formen welche von den Polkanten aus gegeneinander vorzudringen scheinen. Fig. 42 — 44. 49. 50. Solche Bauten zeigen die grössten Unregelmässigkeiten und Uebergänge der mannigfaltigsten Art.

Sind die Parquetformen der Fläche nach einer Seite, nach rechts oder nach links verzerrt, so sind auch meist die Krystallgestalten selbst dem entsprechend ausgebildet, und umgekehrt; doch ist dies nicht immer der Fall. Bei dem Hüttenberger Vorkommen ist öfter an gut gebildeten Krystallen ein einseitiges Vordrängen der spiessigen Gruppen zu bemerken, vielleicht durch das Anwachsen oder Einwachsen anderer Krystalle bedingt. Fig. 28. 32—34. Im Allgemeinen ist wol aus der Form der äusserlich sich darstellenden polyëdrischen Erhebungen auf die ungleich wirkenden inneren Thätigkeitsrichtungen des bauenden Krystalls zu schliessen. Selbst das Ueberbauen der Fläche *f* über das seitlich anliegende Prisma hinaus mag in solcher Unregelmässigkeit eine Deutung finden. Fig. 25. 26.

Was von den ungeregelten Erhebungen auf den Krystallflächen gesagt worden, dasselbe gilt auch von den Vertiefungen. Wie die Erhebungen auf *f* verschiedene Ausbildung erlangen, so auch die Hohlformen, welche sich auf dieser Fläche finden. Die Veranlassungen welche der einen wie der anderen Bildung zu Grunde liegen, sind wol dieselben. Die Hohlformen auf *f* stellen sich meist als feine in der Richtung der schiefen Diagonale langgestreckte Vertiefungen dar, zum Theil scharf, wie eingeschnitten, wol aber auch am einen Ende breiter, die Seiten

gerundet. Man sollte Hohlformen nicht geometrisch messen, daraus Folgerungen auf die Gestalt der den Krystall zusammenstellenden Moleküle ziehen; sie sind so wenig messbar wie die polyëdrischen Erhebungen, das Herausrechnen eines Mittelbetrags ist zwecklos. Sind einzelne oder mehrere Flächen im Innern der Hohlräume geebnet und glänzend, dann spiegeln sie stets mit anliegenden geebneten Flächen desselben Krystalls gemeinsam ein. Wo Hohlformen sind, ist ein mangelhafter Bau, die Fläche *f* meist in die Breite verzerrt, oder nach dem Gipfel ausgefasert, oder die Polkanten gekerbt. Fig. 16. 17. 19. 24. Die Hohlformen sind breiter wo die polyëdrischen Erhebungen sich in gleicher Weise breit ausbilden, schmäler, wo auch diese schmal und langgestreckt sind. Am regelmässigsten scheinen sie auf Krystallen von Island ausgebildet, die Vertiefungen dreiseitig, fast gleichschenklig. Die Hohlformen auf — 2R sind dreiseitig bei vorherschend rhomboëdrischer oder scalenoëdrischer Ausbildung des Krystalls; bei grösseren prismatisch ausgebildeten Krystallen vom Harz, Samson, der Gestalt oR . ∞R . *f*. g . R^n finden sich auf *f* wol auch Hohlräume, welche in der Richtung von oR vertieft und erstreckt, einerseits die Furchung *g* zeigen, andererseits zwei steile Scalenoëderflächen mR^n.

Suchen wir ein Resultat aus dem Hervorgehobenen, so finden wir zwei bestimmte Richtungen heraus, in Erhebungen wie in Hohlformen, Richtungen nach welchen die Thätigkeit des bauenden Krystalls deutliche Spuren zurückgelassen hat. Einmal die Richtung der schiefen Diagonale, welche vielleicht auch als rhomboëdrische aufgefasst, (vergl. Fig. 6. 17. 24. 31. 34. 46), dann eine zweite welche als horizontale bezeichnet werden könnte (Fig. 22. 28. 29. 30. 32—34). Diese letztere welche besonders bei dem prismatischen Tafelbau zur Geltung gelangt, gewinnt bei dem rhomboëdrischen Bau mehr in der Krystallmitte einen deutlichen Ausdruck. Während nach dem Gipfel hin nur eine feine horizontale Furchung darauf hinweist, erhebt sich die Flächenmitte in gegen einander gerichteten Kegelsegmenten. Fig. 14. 29. 49 u. 50. Bei verzerrten Krystallen sind die Seiten der Fläche horizontal gestreift, in der Mitte folgt der Streifung die gerundete Erhebung, ähnlich Fig. 29. Eine solche Kreuzung der krystallinischen Thätigkeit mag zur Vollendung des Krystallbaus nothwendig sein, die Spuren derselben verschwinden mit vollendeter Ausbildung des Krystalls.

Die rhomboëdrische Thätigkeitsrichtung kommt besonders bei stalaktitischem, oder bei übereiltem Krystallbau zur Anschauung; man glaubt Kegelsegmente zu erblicken, welche sich übereinanderlagern oder zusammendrängen. Am deutlichsten offenbart sie sich in den Vertiefungen und Streifen, mehr oder weniger nach der schiefen Diagonale gerichtet; diese sind bis in die Polkanten zu verfolgen wo der Krystall nicht selten eingeschnitten erscheint, ja selbst ausgezackt und ausgefasert. Fig. 16. 19. 46. 106—108. 111. 115. 117.

In den Untersuchungen über den Bau des Quarzes II. ist auf p. 10. 11. bemerkt worden, dass nicht die Kanten der Krystalle zu Flächen sich runden, sondern dass oft mangelhaft gebildete Krystallflächen scharfe Kanten noch nicht ausgebildet haben, dass durch das Zusammentreten der Flächen die Kante sich ausbildet. Dasselbe findet sich beim Kalkspath. Es spricht für verschiedenen Bau der positiven und der negativen Rhomboëder, dass erstere meist scharfkantig geschieden sind, wenn auch im Treppenbau, letztere aber häufig gerundet in einander übergehen. Die negativen Rhomboëderflächen des Kalkspaths sind sich ähnlich in den polyëdrischen Erhebungen, allein bald der obere Theil mehr vortretend, bald der untere Bau zur Geltung kommend.

Steilere negative Rhomboëder finden sich besonders unter den verzerrten Krystallen von Andreasberg in grosser Mannichfaltigkeit, meist nur theilweise geebnet oder gar nicht, indem sie nach dem Krystallfusse hin in die polyëdrischen Furchen des unteren Theils von f übergehen. Fig. 27. Rhomboëder flacher als $-2R$ bringen nicht selten die oberste polyëdrische Fläche in der Weise zur Geltung, dass zugleich in feinem Wechsel oder Treppenbau die Furchung der Fläche g sich bemerklich macht; so z. B. auf $-{}^{3}/_{2}R$ an Krystallen von Andreasberg. Fig. 22.

Unter den flacheren negativen Rhomboëdern ist besonders die Fläche $\varphi = -{}^{5}/_{4}R$ als Uebergangsfläche beachtenswerth, in feinen, glänzenden Wülstchen horizontal gestreift, auf diesen die Furchung von g angedeutet; nach der Mittelkante hin rundet sich φ' zu f', die horizontalen Streifen zacken sich aus, fallen ab in der unteren polyëdrischen Flächenbildung. Fig. 42. 47. Diese Fläche φ zeigt sich fast nur wenn und so weit auch die anliegenden Flächen mangelhaft ausgebildet sind, z. B. auf Krystallen von Matlock, von Bleiberg, von Pregratten. Sie tritt an Scalenoëdern im Treppenwechsel auf, oder in Wulstenbildung, im Uebergang zu anderen negativen Rhomboëdern; und meist liegt sie in einer Vertiefung, indem die anliegenden Flächen höher aufgebaut, von der Fläche φ durch einen rauhen Rand getrennt sind. Fig. 45. 48. Bei dem schärfer ausgebildeten Treppenbau wechselt φ mit f; f ist die ebenere Fläche, φ meist nach dem Krystallgipfel gerundet. Fig. 51. Zuweilen glänzt die Fläche φ aus dem Krystallinnern vor, einer Spaltungsrichtung ähnlich. Es hat den Anschein als ob der Krystall diese Fläche überwachsen habe, ohne durch inniges Verwachsen sie verschwinden zu machen. Hohlräumchen, unausgefüllte Stellen auf φ, z. B. an Krystallen von Matlock, scheinen mit den Furchen von t einzuschimmern, andererseits mit einer Fläche R^3, oder auch mit c und f.

Es ist schwierig über den Bau der untergeordneten negativen Rhomboëder Untersuchungen anzustellen, weil dieselben meist klein sind, Beobachtungen im Wesentlichen auf das Zusammen-

vorkommen mit anderen Flächen sich beschränken. Nur eine Fläche tritt an Wichtigkeit vor, ist nicht weniger bedeutend als -2R, nämlich

die Fläche — $^1/_2$R. Sie bietet besonderes Interesse indem sie einestheils so ungemein häufig auftritt wie kaum eine andere Fläche des Kalkspaths, anderentheils aber fast immer mangelhaft ausgebildet ist, als *g* zu bezeichnen. Vor allem ist die überall in die Augen fallende Furchung genauer zu untersuchen, das charakteristische Kennzeichen dieser Fläche, welches dieselbe auch mitten auf andern Flächen vortretend nachweist, z. B. auf oR und —$^3/_2$R. Fig. 22. 136. 140.

Wir können die Furchung der Fläche *g* als ein Zusammendrängen gleichgerichteter Krystalltheile bezeichnen, allein weder die Art dieser Krystalltheile selbst näher bezeichnen, noch die Veranlassung welche die parallele Anordnung derselben hervorgerufen und bewerkstelligt hat. Es sind nicht blos fasrige Theilchen, büschelförmig zusammengefasst und gruppirt; gegen eine solche Deutung würden nicht wenige Erscheinungen sprechen. Die Furchung von *g* ist keine gleichmässige, sie zeigt eine bessere oder auch eine noch mangelhaftere Ausbildung entweder zunächst der Combinationskante mit steileren Rhomboëdern, oder in horizontaler Richtung gegen das flachere, positive Scalenoëder, oder endlich an den Polkanten. Die Fläche ist so wandelbar, wie die Flächentheile aus welchen sie zusammengesetzt scheint.

An Krystallen aus dem Erzgebirge, besonders von Freiberg, Himmelfahrt, tritt zu den beiden Flächen der langgestreckten Furchenbildung *g* eine kleinere welche steiler abfällt als diese Gesammtfläche, so dass die Erhebungen auf *g* als dreiflächige, nach der schiefen Flächen-Diagonale erstreckte Pyramidchen, oder auch als abgeplattete, ungeregelte Kegelsegmente sich darstellen. Fig. 56. Die dritte, kleinere Fläche, ist sehr verschieden in den Polwinkeln. Es sind all diese Flächen nicht mathematisch bestimmbar, der sogenannte Treppenwechsel der Furchung glänzt mehr oder weniger genau ein mit anliegenden Flächen, z. B. den oberen Scalenoëdern $^2/_3$ R $^3/_4$, oder $^1/_5$ R $^{11}/_3$ an Krystallen vom Harz, mit $^7/_{10}$ R $^9/_7$ an prächtigen Krystallen vom Lake superior. Auf durchsichtigem aber sehr gestörtem Krystallbau des Kalkspaths von Agaete (Hessenberg, Min. Notiz. 9 p. 11 und Fig. 2) glänzt über die matte Furchung *g*, in Streifen spiegelnd, die Fläche + R ein; gegen die Mittelkante hin aber werden die Giebel der Furchung begrenzt durch glänzende — $^2/_3$ R. Bei seltenem Vorkommen von — $^1/_2$ R oder vielmehr *g* an Krystallstücken von Island fällt die besprochene Furchung nach — 4 R $^5/_3$ scalenoidisch ab.

Eine bevorzugte Bildung der Fläche *g* ist meist am Gipfel von rhomboëdrisch ausgebildeten Krystallen zu finden, an Krystallen aus dem Münsterthale, von Freiberg (Churprinz) und von Przibram; je mangelhafter dabei die prismatischen Flächen hergestellt sind, desto mehr

gerundet auch *g*. An prismatischen Krystallen aus dem Münsterthale, — $^{1}/_{2}$ R . ∞R, bricht die Furchung zunächst der Combinationskante in kleine Eckchen ab, Fig. 65 (zu vergl. Fig. 66); an anderen mehr gerundeten Krystallhüllen *c* . *g* . *R* geht die cylindrisch gewölbte Fläche *g* in ein gleichgefurchtes, steileres Rhomboëder über, — $^{3}/_{5}$ R oder — $^{2}/_{3}$ R Fig. 61. 74. Aber auch an mehr geregelten Krystallbauten dieses Fundortes R . — $^{1}/_{2}$R, bricht diese letztere Fläche nach einer tiefgehölten Furchung ab. Fig. 57, vergl. Fig. 71. Auf Krystallen von Tharand, *g* . *c*, sind es einzelne Erhebungen oder Gruppen welche aus der Furchung gegen die Mittelkante in rauher Bildung abfallen, nach zwei Seiten, Fig. 76, oder auch vorherschend nach einer, nach rechts oder aber nach links. Fig. 77. Kein Vorkommen zeigt so deutlich als das Przibramer dass sogenannte Aggregation von Krystalltheilen eben nur eine mangelhafte Bildung des Krystalls beurkunde, oder vor Augen lege. Die nagelförmigen Gestalten bilden vorzugsweise die Polkanten aus, neue Krystalltheilchen werden an den drei Enden derselben angesetzt, der mittlere Theil der Fläche bleibt mangelhaft erfüllt, fragmentarisch gebildet. Fig. 54. An dem cylindrischen Fusse schimmert hundertfältig ein R^n (anscheinend R $^{5}/_{3}$ = o) und + 4R. Es entstehen blumen- und sattelförmige Gruppenkrystalle indem die Fläche *g* zunächst der Polkante sich höher aufbaut, und zwar an den Polkanten oben wie auch unten. (Kryst. u. Pfl. Fig. 6 und 11.) Meist ist dabei nur *g* als Flächenbildung erkennbar, zuweilen tritt auf dem Rande auch das prismatische *c* glänzend gerundet auf. An Krystallgruppen von Traversella, Fig. 60, zeigen sich die buckelartig gerundeten *c* in unendlicher Häufung, daraus erheben sich beiderseits geebnete Gipfel — $^{1}/_{2}$R. Wo am Kalkspath von Przibram der scalenoëdrische Hüllenbau in Theilkrystallen einen Kern überkleidet, zieht sich die glänzende Ausbildung des stumpferen Rhomboëders nach dem Krystallgipfel zurück; treppig erscheint es auf den schärferen Scalenoëderkanten mit der charakteristischen Furchung. Fig. 70. Bei solcher Verschiedenheit der Ausbildung der Fläche — $^{1}/_{2}$R ist die bessere Glättung zunächst des Gipfels sehr häufig sechsseitig begrenzt, sie zeigt einen scalenoëdrischen Durchschnitt normal zur Hauptaxe. Fig. 68. 69. Bournon hat im 2. Bande p. 35 dieses Vorkommen besprochen, in Fig. 180 abgebildet, etwas mangelhaft. Seine Deutung dieser eigenthümlichen Erscheinung steht natürlich mit der damaligen Auffassung von Krystallbau ganz im Einklang. Es schien das Resultat einer nachträglichen Auflagerung, »Superposition«, krystallinischer Substanz vorzuliegen.

Eine mangelhaftere Ausbildung der Fläche *g* zunächst des Krystallgipfels findet sich zumeist an missbildeten Scalenoëdern vom Harz und von Bleiberg. Die Fläche ist daselbst oft rauh, wie getüpfelt, etwas flacher abfallend gefurcht. Fig. 59. 62$^{a. b.}$ Zuweilen ist sie zwar glänzend und eben, sie hat aber einen mehr oder weniger scharfen Einschnitt vom Gipfel

abwärts in der Richtung der schiefen Diagonale, oder es war an dieser Stelle früher ein hohler Raum unerfüllt geblieben, fremde Substanz hatte sich darin abgelagert, war allmälig überkleidet worden, zeigt sich jetzt als dunkler Strich im Innern des Krystalls. Dies besonders an missbildeten, gerundeten Krystallen, an Krystallhüllen von Freiberg, Schneeberg, Tharand, Oberstein, an Keulenformen von Przibram. Fig. 63. 73. 75. Es wird diese Dreitheilung noch an anderer Stelle zu besprechen sein.

Es bleibt noch die verschiedene Ausbildung der Fläche *g* in horizontaler Richtung, oder der gerundete Abfall nach einem oberen Scalenoëder zu beachten.

Die oberen Scalenoëder. Da bei dem Quarze es erlaubt ist von oberen Trapezflächen zu reden, wird man dieselbe örtliche Bezeichnung auch bei dem Kalkspathe anwenden dürfen. Es sind diejenigen positiven Scalenoëder welche oberhalb der Fläche + R auftreten oder liegen würden, wenn diese vorhanden wäre; sie werden wohl auch als flachere Scalenoëder aufgeführt. Da dieselben sehr selten eben und bestimmt begrenzt ausgebildet sind, werden gerundete oder unmessbare Flächen der Art im Nachfolgenden mit *t* bezeichnet werden, als dem Buchstaben welcher für $\frac{1}{4}R^3$ gewählt worden, unter diesen oberen Scalenoëdern das häufigste. Man kann wohl sagen, dass das Charakteristische dieser oberen Scalenoëder die Rundung sei und die Furchung parallel der Kante mit — ½ R. Am allmäligsten ist der Uebergang von *g* nach *t* bei linsenförmigen Krystallen, z. B. von der Rongella bei Thusis; es sinkt die Polkante von — ½ R als längere Scalenoëderkante ab. Fig. 53. 55. Der Krystall ist über *g* besser geglättet, als auf den gefurchten Stellen *t*. Zippe. Fig. 1, hat solche Krystalle von Prag als $\frac{1}{10}R^7$ gedeutet, in bestimmter Begrenzung gezeichnet, Hessenberg auch an Krystallen von Agaete diese Fläche messbar gefunden, aber verzerrt.

Beachtet man das Auftreten dieser oberen Scalenoëder so wird man sie stets, oder doch sehr häufig als Begleiter eines mangelhaften, ungeordneten Baus auffinden. Am auffallendsten ist dies bei im Berge zerbrochenen Krystallen, welche zur Ergänzung ihrer Gestalt weiter gewachsen sind. An solchen Bleiberger Scalenoëdern fehlt nie die Fläche *t* gerundet über *g*. In diesen Formen, nicht aber mit Rhomboëderchen + R, überzieht der Krystall parquetartig die ganze Spaltfläche + R des geschädigten scalenoëdrischen Baues. Die grösste Mannigfaltigkeit dieser oberen Scalenoëder findet sich auf den Krystallhüllen des Andreasberger Vorkommens, besonders solchen welche die Fläche oR ausgebildet haben. Der Abfall von oR nach *g* ist gerundet, und diese Fläche geht dann stets auch in *t* über; ebenso ist auch *c* meist gerundet, das zweite Prisma glänzend aber gewölbt, + 4 R in zahlreichen Pünktchen sich zeigend. (Vergl. z. B. Fig. 39, Rhomb. u. Scal. Fig. 30.) Die Krystalle vom oberen See und von Agaete

sind als prächtige Bildungen gepriesen worden (vom Rath, Min. Mitth. V. p. 388. Hessenberg, Min. Not. VII. p. 1), sie sind aber doch mangelhafte unvollendete Bauten. Der Gipfel oft sechsfach getheilt in der Weise, dass je zwei Abtheilungen auf der längeren Scalenoëderkante einen langgestreckten Wulst bilden, *g* aber in Furchenbildung eingesunken erscheint. Fig. 58 a. b. Selbst auf den Krystallen von Island finden sich diese oberen Scalenoëder nur auf gestörten oder in Nachbesserung begriffenen Stellen, z. B. $+ \frac{2}{5} R^2$ gefurcht, unsymmetrisch verzerrt, von breiteren Wulsten überkleidet welche spiessig ausgefranst sind; und auf den wunderbaren Bildungen aus dem Ahrnthal zeigt sich dasselbe Scalenoëder in glänzendem, breitem Treppenbau rings um den ganzen Gipfel. (Hessenberg, Min. Not. IV. Fig. 9.)

Es kann kein Zweifel sein dass die Herstellung von *t* in gleicher Weise vor sich geht wie diejenige von $- \frac{1}{2}$ R. Nicht nur die Furchenbildung ist die gleiche, auch die spiessige Begrenzung der aus denselben erhobenen Firste. (Vergl. Fig. 64. 67. 71. dazu Fig. 58 a. b. und Rhomb. u. Scal. Fig. 28.) — Dass die Furchen von *g* gleichmässiger geordnet, mehr in geregeltem Treppenwechsel sich finden, die von *t* aber meist kürzer, und auch weniger gleich gerichtet sind, das mag auf verschiedene Veranlassungen zurückzuführen sein. Wichtiger scheint die Anordnung der Krystalltheile selbst zu sein, welche unsere Aufmerksamkeit auf die Kantenbildung richtet.

Wir sehen auf der Fläche *g*, in der Treppenbildung wie in der gerundeten Furchung, für das Auge sichtbare Krystalltheile, welche besonders im Uebergang zu *t* gegen die Polkante in spitzem Winkel enden. Fig. 64. 67. Es fehlt dann die scharf ausgebildete Kante wie bei Fig. 58 a. b. Dies führt auf die Vermuthung dass die Herstellung der Kante auf dem gleichmässig Gegeneinanderarbeiten oder Verschränken, auf den unter einem spitzeren oder stumpferen Winkel zusammenstossenden Thätigkeitsrichtungen des Krystallbaus beruht. Wo der Kalkspath gleichmässig den Bau fügt, erstellt er die scharfen Polkanten, wo die Gleichmässigkeit mangelt greifen die Furchengruppen nach der benachbarten Fläche über, oder sie erreichen dieselbe nicht, der Krystall rundet sich auf der Berührungsstelle, die Flächenbildung fällt ab in scalenoëdrischen oder scalenoidischen Bau.

Es ist von Zippe bemerkt worden dass $\frac{1}{4} R^3$ sehr häufig in Combination, als einfache Gestalt aber nicht zuverlässig nachgewiesen worden. Dies gilt auch von andern oberen Scalenoëdern, und spricht ebenfalls dafür dass diese oberen Scalenoëder Zeichen einer mangelhaften Krystallbildung, dass sie blosse Uebergangsflächen sind. Die jedesmalige Neigung dieser Flächen würde nicht nur bedingt sein durch die Ausbildung der Fläche *g* oder $- \frac{1}{2}$ R, sondern auch durch den Krystallbau wie er sich rings um diese oberen Scalenoëderflächen hergestellt findet,

insbesondere also in der Ausbildung der steileren Scalenoëder. Es ist nicht zufällig dass die oberen Scalenoëder, wie $^2/_5 R^2$ oder $^1/_2 R^{5/3}$, in den meisten Fällen übereinstimmend mit diesem oder jenem der unteren Scalenoëder gesellt sich finden, oder mit der Endfläche oR, oder mit *c* und *u*, oder neben vorherschenden, negativen Rhomboëdern. Die Combinationen welche Zippe in seiner bewunderungswürdigen Arbeit p. 49 ff. zusammenstellt mögen hierüber weitere Andeutung geben. Als Vorkommen von einfachen Gestalten solcher oberen Scalenoëder vermag er (p. 47. 48), Bournon hierbei folgend, nur Zweifelhaftes aufzustellen, ganz gewiss nur gerundete Formen.

Die prismatische Fläche $\infty R = c$. Von den gerundeten negativen Rhomboëdern finden wir noch in einer andern Richtung einen Uebergang, nämlich in der Hauptaxenrichtung nach ∞R oder *c*; es zeigt dabei auch diese Fläche dass ihre Ausbildung keine isolirte ist, dass sie vielmehr ebenfalls in Zusammenhang und Uebereinstimmung steht mit der Ausbildung anderer, insbesondere der anliegenden Krystallflächen. Am auffälligsten ist dies, wenn man diese Fläche *c* vergleicht wie sie auftritt an dem prismatischen Bau mit oR, an dem rhomboëdrischen mit $-\,^1/_2 R$, und an dem scalenoëdrischen R^3.

Die Gestalt ∞R . oR wird vorzugsweise an Krystallen von Andreasberg gefunden, und zwar häufig langsäulig mit beiden oR ausgebildet, seitlich ansitzend an den Kanten eines scalenoëdrischen Kernkrystalls oder als Hülle eines solchen, cf. Milch. Trübung. Fig. 11. 25. 26. Wo auf der Fläche ∞R eine polyëdrische Erhöhung sich bemerklich macht, hat diese eine dreieckige gleichseitige Gestalt mit etwas gebogenen Linien, etwa wie beim Quarze auf ± R. Fig. 78. 80. 83. Die Gestalt der Erhebung ist verschieden, sie ist länger erstreckt bei langsäuligen, kurzgedrungen bei mehr tafeligen Krystallen. Auf vollkommen ausgebildeten Prismen ist wol die Fläche ∞R durchaus gleichmässig geebnet, bei gestörter Krystallbildung tritt aber ein Unterschied ein zwischen dem Flächentheil welcher einer positiven + Kante und dem welcher einer negativen — Kante anliegt. Mit dem krystallographischen Begriff ∞R muss auch die Bezeichnung aufhören, der Buchstabe *c* an ihre Stelle treten, es können dann die anliegenden Combinationskanten ganz zweckmässig mit + oder mit — bezeichnet werden. Der Theil von *c* welcher der positiven Kante anliegt ist in der Regel weit besser hergestellt und ausgebildet als der negative andrerseits; er ist glänzend, convex gewölbt, der negative mehr scalenoidisch abfallend. Fig. 79. 81. 82.

Bei seitlich verzerrten Flächen wird auch die Gestalt der polyëdrischen Erhebung in ähnlicher Richtung sich ausdehnen und erstrecken wie die Gesammtfläche, einseitig spiessig nach rechts oder nach links verzogen, die Basis der polyëdrischen Parquetformen treppig sich wie-

derholend. Fig. 92. 99. 100. 102. Stets wird diese Basis die Stelle der positiven Combinationskante, oder des positiven Flächentheils andeuten, der zugespitzte Gipfel aber auf den negativen Theil hinweisen. Die Erhebungen erfüllen bald die ganze Prismenfläche, oder sie gruppiren sich neben einander, oder es treten auch kleinere Formen aus grösseren hervor, ganz ebenso wie dies beim Quarze auf $\pm$R bemerkt worden ist. Fig. 80. — Aus der Stellung der polyëdrischen Erhebungen kann man stets auf die Bedeutung auch mangelhaft hergestellter, anliegender Flächen schliessen, so ist an Fig. 81 einem verzerrten Prisma von Andreasberg für die anliegende scalenoidische Gestalt die Kante, als eine längere, mit Y zu bezeichnen, an Fig. 82 aber, einer Darstellung der benachbarten Fläche c, geht diese in die Kante X gerundet über. In ähnlicher Weise ist die Rundung auf verzerrten Krystallen von Cornwall, oder von Andreasberg zu deuten, das Prisma zu steilerem Rhomboëder verzogen. Fig. 84.

Die auf der Fläche ∞R nicht selten vorkommenden Vertiefungen stehen ohne Zweifel mit solchem polyëdrischen, ungleichmässigen Fortbauen im nächsten Zusammenhange. Wie die Erhebungen ausgebildet sind, so auch in umgekehrter Stellung die Vertiefungen. Sind die ersteren langgestreckt, so sind auch die Vertiefungen schmal eingezeichnet, breit aber gerundet und nach der Endfläche erstreckt auf tafelförmigen Krystallen. Die Spitze der Hohlräumchen ist gegen $+$c gerichtet, gegen die positive Combinationskante; die Basis der gleichseitigen Figuren gegen die negative Kante. Fig. 80. 83.

Wie solche gewachsene Hohlformen so sind wol auch die durch Aetzung entstandenen zu deuten. In einer Schrift über den Asterismus am Calcit hat Herr Dr. Haushofer in zahlreichen Abbildungen sie zur Anschauung gebracht. Die Hypothese über den Krystallbau von welcher dieser Forscher bei der Erklärung ausging, hat ihn vielleicht zu weit geführt. So lange wir über den Aufbau der Krystalle nichts Bestimmtes wissen, bleibt uns eine verschiedene Einwirkung der Säuren ein Räthsel, wir dürfen nicht sprechen von radialer Wirkung der trennenden Kraft, von Lösung der Trennungswiderstände, von Zusammensetzungsflächen im Innern des Krystalls. Die Vertiefungen sind nicht aufzufassen als Flächen von Theilgestalten, welche durch die Säure gleichsam aus dem Gesammtaggregat herausgespalten worden; wir dürfen an ihrer Gestalt nicht eine »krystallographische Entwickelung aus dem Grundrhomboëder« versuchen. Das Grundrhomboëder hat mit den polyëdrischen Erhebungen und Vertiefungen auf ∞R gar nichts zu thun; die auf Fig. 20 der beigegebenen Tafeln eingetragenen Zeichen sind wol richtig angegeben, allein die polyëdrischen Erhebungen Fig. 19 können unmöglich in gleicher Weise gerichtet sein wie die Vertiefungen Fig. 20; die Zeichen $\pm$ müssen gewechselt werden.

Die Fläche ∞R oder *c* wenn sie in Combination mit dem stumpferen —Rhomboëder auftritt, zeigt anscheinend ganz verschiedene Kennzeichen. Sie findet sich so besonders charakteristisch ausgebildet an Krystallhüllen aus dem Erzgebirge, von Tharand, von Freiberg, Grube Himmelfahrt, meist über erkennbarem scalenoëdrischem Kern. Bereits in der Abhandlung: Rhomboëder und Scalenoëder p. 9 Note *) ist aufmerksam gemacht dass die Erhebungen auf diesen prismatischen Flächen umgekehrt zu stehen scheinen wie bei den Harzer Krystallen ∞R . oR. Es scheint die Basis der polyëdrischen Erhebungen bei den rhomboëdrisch gegipfelten Krystallen gegen die horizontale Combinationskante mit — ½R gerichtet; die Spitze gegen die beiden schrägen Kanten Fig. 98. 104.$^{a. b. c.}$ Es tritt diese Spitze schärfer in der Giebelung aus der prismatischen Fläche vor; während sie bei den Andreasberger Krystallen allmälig in die Fläche sich versenkt, fällt sie hier nach beiden Seiten in glänzenden, scalenoidischen Flächen ab, die Firste dieser gehäuften Erhebungen bilden entlang der schiefen Combinationskante einen Treppenbau, welcher nach beiden Seiten mit den scalenoidischen Flächen gemeinsam einglänzt. Fig. 104.$^{b. c.}$ Diese Erhebungen sind mannigfaltig gebrochen, in drei, fünf oder auch sieben glänzende Flächen, deren Gipfel bald mehr nach der einen, bald nach der andern Seite verschoben ist in der Richtung der Hauptaxe. Auch die Gitterung der Fläche ∞R ist mit diesen polyëdrischen Erhebungen zusammenzustellen, Fig. 90. 79. Bei verzerrten Krystallen ist dieselbe zuweilen nur an zwei diagonal gegenüberliegenden Ecken aufzufinden, dazwischen, in der Flächenmitte ∞R, geebnet und glänzend, die Seitenkanten schief gestellt, kein rechter Winkel ausgebildet.

Wieder in anderer Weise tritt *c* an dem scalenoëdrischen Krystallbau auf; wo dieser vorherscht ist *c* fast immer gerundet, verschieden gegen die längere, stumpfere Polkante gebildet, und gegen die kürzere. Fig. 96. 132. Auch an Hüllenbildungen, z. B. an Krystallen vom Erzgebirg, Hüllen c . g . R^n über einen Kern R^3, ist die Erhebung flach kegelförmig, concentrisch nach der Flächenmitte gerichtet. Fig. 85. Bei gestörter Krystallbildung findet *c* sich oft in grosser Anzahl, kleine glänzende Flächen, convex gewölbt zunächst der kürzeren, negativen Polkante, in dreiflächig abfallender polyëdrischer Erhebung zunächst der längeren, positiven. Fig. 88. Diese dreiflächigen gerundeten Erhebungen glänzen meist gemeinsam ein, und zwar die oberste Fläche als +mR, die beiden seitlichen scalenoidisch als $+mR^n$; oder es ist auch +mR bestimmter als +4R ausgeprägt, glänzt dann über die stumpfere Polkante hin wiederholt ein, Fig. 91; es schimmern wol auch noch kleine Pünktchen +R neben +4R in Treppenbildung vor.

Sollte *c* auf der Aussenfläche missbildeter Scalenoëder fehlen, so ist es ganz gewiss ein

Hohlräumchen der mangelhaft aufgeführten Stelle zu finden, es schimmert oder glänzt dann, zugleich mit $+4R$ aus den über die Scalenoëderfläche R^3 vertheilten kleinen Vertiefungen hervor. Auf Krystallen von Bleiberg welche im Berge zerbrochen, in verschobener Stellung der Theile wieder zusammengewachsen sind, zieht meist *c* in langen glänzenden Wulsten oder Streifen mit $+4R$ zwischen einem älteren und einem frisch gebildeten R^3 hin, z. Th. wie ein gerundetes Band, der obere Theil gegen die längere Polkante Y matt, der untere gegen die kürzere Polkante X glänzend gewölbt, Fig. 149. 157.

Die Verschiedenheit der Ausbildung einer positiven und einer negativen Hälfte der Fläche *c* ist am augenscheinlichsten bei Zwillingen parallel $0R$ zu erkennen, sie zeigen oben wie unten die gleiche Ausbildung. Einigermassen schwierig ist es aber die Kennzeichen der beiden Hälften bestimmter anzugeben; im Ganzen genommen ist wol die positive Hälfte matter, die negative aber glänzender gewölbt; allein es tritt meist eine Furchung in der Richtung der Hauptaxe dazu, wol auch ein mannigfaltiger Wechsel von matt und glänzend, ähnlich wie in der Landkartenbildung des Bergkrystalls, so insbesondere auf durchsichtigen Krystallen von Rauschenberg, Fig. 86. 87. Diese Furchung in der Hauptaxenrichtung lässt sich an grösseren Krystallen von Bleiberg ebensowol auf der positiven Hälfte von *c* auffinden, wie auf der negativen, auf ersterer feiner und schärfer geschnitten, bei letzterer breiter, glänzender gerundet. Bei der grossen Mannigfaltigkeit der Ausbildung dieser Fläche an den verschiedenen Krystallgestalten des Kalkspaths ist aber doch in der Bauweise eine gewisse Uebereinstimmung nicht zu verkennen, wir können es verfolgen wie mit der Abänderung des herschenden Typus eines Fundortes in eine andere Gestaltung oder Missbildung, auch die Fläche *c* in ihrer charakteristischen Ausbildung sich dieser letzteren anpasst; so z. B. bei der scalenoidischen Rundung der Krystallhüllen vom Münsterthale, Fig. 61. 62. 74, und den keulenförmigen Gruppenbauten von Przibram, Fig. 97. Dabei sind die eigenthümlichen Kennzeichen der negativen, steileren Rhomboëder im wesentlichen übereinstimmend mit den Kennzeichen der negativen Hälfte von *c*. Untersuchen wir auch den Uebergang zu den positiven Rhomboëdern.

Die positiven Rhomboëder $+4R$. $+R$. Wie unter den negativen Rhomboëdern die Flächen $-\frac{1}{2}R$ und $-2R$ vorzugsweise von Bedeutung sind, so unter den positiven Rhomboëdern die Flächen $+R$ und $+4R$. Andere wie $+16R$ finden sich wol ausschliesslich nur an missbildeten, verzerrten Krystallen, sind eher ein Gesammtbegriff ungeregelter Flächenhäufung. S. z. B. Fig. 84. 110. Auch die Fläche $+4R$ zeigt sich meist an missbildeten Gestalten, an unvollendetem Krystallbau, ist aber für sich von vortrefflicher Glätte und Glanz. Selbst an locker gefügtem Bau, bei welchem $+4R$ mit zahlreichen Hohlräumen übersät ist, fehlt nicht

der Glanz auf den hergestellten Flächentheilen. Diese Fläche stimmt in ihrem Auftreten ebensowol, wie auch in der meist vollendeten Ausbildung durchaus mit der Fläche 2P2 beim Bergkrystall. Während aber dort der häufige Begleiter das Trapezoëder ist, finden sich die Begleiter für +4R in der rhomboëdrischen Hauptzone, sie bildet Treppenwechsel entweder mit +R, oder aber mit dem gerundeten *c*. Auf ungeregelt vortretenden Eckchen und Wulstbildungen spiegelt +4R sehr oft ein; an Erhöhungen auf oR der Maderanertafeln, auf welliger Rundung von *c* (z. B. Fig. 103), auf rauhem +R wie an scalenoëdrischen Gestalten, und dies ebenso an der längeren Polkante, wie in vertieften Stellen mangelhaft erfüllter Flächen. Besonders an Hüllen über Kernkrystallen ist +4R ungemein häufig in Punkten oder in schmalen Streifen zu entdecken; beim Fortwachsen des Scalenoëders R^3 in Ueberkleidung fremdartiger Substanz tritt es überall vor wo das Scalenoëder gerundet oder in einzelne Krystalltheile aufgelöst erscheint, es schwindet wo R^3 eben, der Krystall geeinet ist. Vortrefflich geeignet zu derartigen Untersuchungen sind gerundete, fassähnliche, scalenoidische Krystalle von Andreasberg welche entweder in schlankerer Form am Gipfel sich büschelartig ausfasern, oder auch breiter und kürzer eine rauhe Fläche oR gebildet haben; Fig. 96. 108. +4R ist meist die einzige Stelle welche, in der Flächenmitte wenigstens, glänzend und vollständig eben ist, die Kanten sind gerundet oder ausgefasert, *c* bauchig gerundet. Eine stengliche Ausbildung mit vorherschender rhomboëdrischer Thätigkeitsrichtung des Krystallbaues zeigt sich häufig auf der geebneten Fläche +4R in dem Auftreten zahlreicher Hohlformen, Fig. 106. 107. 111. Wie früher die parquetartigen dreiflächigen Erhöhungen auf dem positiven Theile von *c* erwähnt wurden, so ist derselben polyëdrischen Erhebungen auch auf der Rundung von *m*, auf dem Abfall nach *c* zu gedenken, Fig. 91. Auch ein Zusammenhang mit der scalenoëdrischen Krystallbildung offenbart sich, denn ebenso wie +4R in den Hohlformen von R^3 sich zeigt, so spiegelt andererseits das anliegende Scalenoëder mR^u in den Hohlräumchen von +4R ein. Nicht weniger liessen sich gewisse Uebereinstimmungen von +4R und —2R auffinden, z. B. in den Formen der Vertiefungen oder Hohlformen eines mangelhaft vollendeten Baus; beide in der Richtung der Hauptaxe oder der rhomboëdrischen Thätigkeitsrichtung erstreckt, aber die Zuspitzung umgekehrt, Fig. 16. 111.

Unter den Kennzeichen der Fläche +4R sind gerade die Hohlformen von wesentlicher Bedeutung, sie sind der Grund einer gewissen Mannigfaltigkeit der Flächenbeschaffenheit. Gewönlich ist diese Fläche zwar eben und vortrefflich glänzend, dies besonders bei Krystallen von Island, vom Lake superior, von Matlock, von Bleiberg, von Andreasberg; allein wenn die Einung der Flächentheilchen eine mangelhafte ist, so machen sich die rauhen oder matten

Stellen in der Gesammtwirkung geltend, so bei den Krystallbauten vom Maderanerthal, von Rossie, von Wiesloch, von Adelsberg. An den Stalaktiten von Bellamar ist die Fläche zunächst des Gipfels oder $+R$, glänzend aber getüpfelt durch matte Stellen, weiterhin fällt sie nach *c* in stenglichen Gruppen ab, auf deren Gipfel stets ein $+4R$ einglänzt, Fig. 95. In ähnlicher Weise finden wir es an den verschiedensten mangelhaften Krystallbildungen, als glänzende Pünktchen auf der längeren Scalenoëderkante in Ergänzung begriffener Krystalle von Bleiberg, auf Krystallhüllen gestörter Bauten von Oberstein und von Tharand, auf gewölbten Prismen von Andreasberg, auf polyëdrischen Erhebungen über oR der Maderanertafeln. Bei allen Missbildungen oder Ausheilungen ist es diese Fläche welche unter den ersten aus der rauhen Rundung hervorglänzt.

Die Gestalt der Vertiefungen ist meist eine dreiseitige, in der Richtung der Hauptaxe erstreckt; die Spitze ist gegen *c* gerichtet, oft mehrtheilig ausgespitzt, die Basis bald einspringend, bald ausspringend gerundet, Fig. 111. Von bestimmbaren Flächen sind die Hohlräume nicht umgeben, doch schimmern sie stellenweise mit anliegenden Flächen, besonders scalenoëdrischen, zusammen ein.

Die Vertiefungen auf $+4R$ scheinen auch bei dem Bleiberger Vorkommen welches Hessenberg Min. Not. Nr. 4. p. 6 beschrieben, beachtenswerth zu sein; $+4R$ nicht so rein und glänzend wie $-4R$ »sondern mit einem Anhauche behaftet, welcher ihr nur ein schimmerndes Spiegelbild übrig lässt.« Es ist eine Gitterstreifung zuweilen auf der Fläche $+4R$ zu bemerken, z. B. an grösseren, etwas bauchigten Krystallen von Traversella der Gestalt $R^3 . c . -\frac{1}{2}R . +4R$. In schuppenähnlichen Theilflächen fällt $+4R$ nach der gerundeten *c*, der rauhe treppige Abfall nach den zwei Seiten scalenoidisch einschimmernd, Fig. 109. Ganz ähnliches findet sich bei elfenbeinweissen in Ergänzung begriffenen Scalenoëdern von Bleiberg; auf dem gerundeten Prisma in schuppenähnlicher Bildung $+4R$, nur im obersten Winkel zwischen $R^3 : R^3$ geebnet. (Vergl. auch Fig. 96. Andreasberg, und Fig. 88. 91.)

Auf eine gewisse Uebereinstimmung des Baues der positiven Rhomboëder deutet die Treppenbildung welche unter denselben sehr häufig aufgefunden wird, am bestimmtesten wol an Krystallen von Island, als $+4R$ und $+R$, Fig. 163, auch als $+R . +4R . +10R$. Bei solchem Treppenwechsel ist $+4R$ zuweilen nach einer seitlichen Richtung in spiessige Wulsthäufungen verzerrt, welche mit der Furchung auf R^3 parallel gerichtet ist, oder in dieselbe überzugehen scheint, Fig. 155. An solchen Stellen spiegelt $+10R$ in vielen kleinen, convex gerundeten, dreiseitigen Flächen ein, von matter Furchung umgeben, R^3 aber wechselt ebenfalls matt mit R^5, und die Uebergangsfläche $-4R^{5/3}$ fehlt nie, Fig. 160.

Eine der interessantesten Flächen des Kalkspaths ist das sogenannte Grundrhomboëder +R; krystallographisch ist sie unbedingt auch die wichtigste Fläche. Da die Spaltbarkeit des Minerals hauptsächlich in der Richtung von +R sich offenbart, hat man geglaubt auch den kleinsten Grundbestandtheilen, den Molecülen des Kalkspaths, diese Gestalt beimessen zu dürfen oder zu müssen, als den Grundtypus dieses Minerals.

Wir finden im Ganzen genommen die Fläche +R als eine seltnere Erscheinung, und zwar entweder vorherschend, dann aber unvollständig erfüllt, rauh, in tiefen Furchen gegittert, (milch. Trübung, Fig. 2. 4. 19) oder aber an scalenoëdrischem Bau untergeordnet, meist zwischen oberen Scalenoëdern oder — $^1/_2$R, und unteren, steileren Scalenoëdern. Im ersteren Falle bildet es oft Treppenwechsel mit +4R und ∞R, im letzteren wol auch mit den anliegenden Scalenoëdern. An Krystallhüllen von Tharand, an Krystallen aus dem Maderaner und aus dem Schächenthal führt der Wechsel einerseits über *t* nach *g*, andererseits über *n* nach R^3. In der Adelsberger Grotte, Wiesloch, Sinzheim ist es stets die gerundete Form, die rauhe Fläche, aus welcher sich +R herausbildet, mehr oder weniger scharf begrenzt; entweder in Begleitung von +4R oder auch allein tritt es auf an rauhen, scalenoidischen Gipfelchen, in Pünktchen oder in kurzen Streifchen. In den Höhlen der rothen Felsen am Meeresufer bei Mentone sind die gerundeten Krystalle mit rauhen, conischen Formen überdeckt, welche in ihren Gipfelchen mit einem Punkte +R, oder +R und *t* einglänzen. Aehnlich findet sich auf Maderanertafeln +R rauh vor- oder aufgewachsen, in Vertiefungen *g* und *t* einglänzend, und ein steileres Scalenoëder, aus der rauhen Oberfläche an kleinen Gipfelchen glänzende Pünktchen +R vortretend. Auf den Krystallen des oberen Sulzbachthales, fast linsenförmigen Gestalten, ist *g.t.P.c* und n gerundet in einander übergehend; über die rauhe Oberfläche hin schimmern glänzende Pünktchen +R gemeinsam nach den verschiedenen Richtungen ein. Auf den Gruppenbauten aus dem Münsterthale ist +R rauh, — $^1/_2$R daneben gewölbt aber glänzend, ebenso auch *c*. Es schimmert hier auf der rauhen Fläche +R oder P beiderseitig die benachbarte *g* ein, oder es fällt auch die geebnete Fläche +R in gerundeter Treppenbildung nach *n* ab. An Krystallen von Rossie ist +R tief gefurcht, und gegittert durch *g.n*, grosse Krystalle von Gams, Steiermark, mit vorherschendem +R sind rauh, nach der schiefen Diagonale gestrichelt, mit der gerundeten *n* einschimmernd; von Island finden sich blassröthliche Krystalle *P.r.* an welchen auf der rauhen, tief gekerbten Fläche P einerseits die glänzende Rundung nach *n* oder *r* einspiegelt, andererseits das gerundete *f*. Selten nur ist die Hauptrhomboëderfläche vollkommen geebnet und glänzend; vom Rath, Min. Not. Nr. 5 erwähnt sie auf kleinen Krystallen von Hausach als vollkommen glänzend, aber unsymmetrisch aus-

gebildet; auch bei dem Vorkommen von Bleiberg, von Matlock wird diese Fläche zuweilen eben und glänzend angetroffen, aber untergeordnet, stets das Scalenoëder R^3 vorherschend.

So ist nirgends eine Andeutung dass in $+R$ ein Grundtypus des Kalkspaths uns entgegentrete, so sehr auch die krystallographischen Verhältnisse dafür zu sprechen scheinen. Es scheint diese Fläche gerade so einer allmäligen Fortbildung oder Entwickelung des Krystallbaus unterworfen zu sein, wie die anderen Flächen auch. Die Treppenbildung und die Gitterzeichnung weissen uns aber auf eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Fläche hin. Sie liegt nämlich im Kreuzungspunkte der beiden Hauptzonen des Kalkspaths, der rhomboëdrischen und der scalenoëdrischen; und dieser Umstand scheint nicht nur vom wesentlichsten Einflusse zu sein auf die Ausbildung der Fläche selbst, sondern auch auf den Zusammenhalt des Gefüges im Innern und die Spaltbarkeit. Es bezeichnen diese Zonen Thätigkeitsrichtungen des bauenden Krystalls, deren Resultat ebenso durch den ganzen Bau, wie in einer Flächenbildung auf dem Kreuzungspunkte sich offenbart.

Das Auftreten des Zonenverbandes und auch der Reihenbildung ist ein so auffallendes, überraschendes, dass die Wissenschaft sich nicht entschlagen konnte auf die Veranlassung einzugehen. Ein denkender Forscher (vom Rath, Min. Mitth. Forts. 5. p. 397) bemerkt dass es fast den Anschein gewinne, als ob in gewissen Combinationen benachbarte Flächen durch sich kreuzende Zonen das Auftreten neuer Flächen bedingten und bewirkten. Diese Auffassung ist gewiss eine ganz berechtigte, die Lösung des Räthsels werden wir finden, wenn wir das innerliche Schaffen des Krystalls in den sich kreuzenden Bildungsrichtungen studiren. Hessenberg bemerkt in No. 11 p. 16 zum Isländer Kalkspath, wie zwischen $^4/_3 P 2$ und $-4R^5/_3$ die Fläche $-^7/_3 R^5/_3$ »gleichsam störend« sich einschiebe, ebenso zwischen $-4R^5/_3$ und $4R$ die Fläche 10R. Aehnliche Aeusserungen finden sich in dem trefflichen Aufsatze: Klein, Anatas p. 7. 8. 17. Diese störenden Flächen scheinen aber auch blosse Uebergangsflächen zu sein, welche strengen Forderungen an eine wirkliche Fläche kaum entsprechen, wenigstens nicht bei dem Isländer Vorkommen.

Das Vorherschen der geometrischen Richtung in der Mineralogie hat es mit sich gebracht, dass alles was in der Mathematik als »Gesetz« bezeichnet war, auch als solches für die Mineralogie galt. Ein Gesetz muss eine Nothwendigkeit, einen Zwang im Gefolge haben, wir können vorerst ein »Gesetz« welches dem Zonenverhältnisse zu Grunde liegt, oder welches den Krystallbau zur Einhaltung der Zonen nöthigt, so wenig angeben wie ein solches für das Auftreten der Reihen beim Kalkspathe. Es ist möglich dass bei diesen Ergebnissen des Krystallbaues, den Zonen wie den Reihen, die gleiche Veranlassung zu Grunde liegt, wir besitzen

indess bis jetzt nur Thatsachen, Resultate. Wir müssen die Gesetze des Krystallbaus, welche auch in der äusseren Krystallbegrenzung so auffällige Resultate zu Wege bringen, erst aufsuchen. Es ist Selbsttäuschung wenn wir vermeinen »die Gesetze« der Reihen sowie der Zonenfolge bereits zu besitzen. Diese Gesetze werden uns einst auch nachweisen, wie das Ebnen der Krystallflächen überhaupt aus der gerundeten Gestalt statt finde.

Die steileren Scalenoëder. In der scalenoëdrischen Hauptzone sind es besonders drei Flächen mit welchen wir uns hier beschäftigen werden, es sind die Flächen R^3. R^5 und $\infty P2$. Andere flachere Scalenoëder wie $R^{3/2}$. $R^{5/3}$ werden hauptsächlich deshalb weniger Berücksichtigung finden können, weil sich weniger Material dazu geboten, diese Flächen meist nur klein vorkommen. Es wäre aber sehr zu wünschen, dass sie als Mittelglied zwischen R und R^3 eine sorgfältige Bearbeitung noch fänden. Wenn sie, bei der häufigen Treppenbildung, vielleicht als Uebergangsflächen zu bezeichnen sein möchten, so liegt diese Wahrscheinlichkeit auch für R^5 vor, den treuesten Begleiter von R^3, treppig mit diesem oder in gerundetem Uebergang.

Man kann die gleiche polyëdrische Erhebung auf $R^5 = y$ finden, wie auf $R^3 = r$; dann ist *y* stets glänzend, convex gerundet, R^3 aber mehr geebnet oder auch rauh, in Gitterstreifung, Fig. 125. Gitterung und Hohlformen sind wol nur auf R^3 zu finden, sie brechen ab, wo die Fläche nach dem glänzenden *y* sich rundet. Die Vertiefungen sind dreiseitig aber ungeordnet, mit rauhen Wänden, nicht bestimmbar, Fig. 117. 120. 121. 123. In denselben erscheint die Rundung über R^5 nach *u*, das gerundete *c*, wol auch eine Nachbarfläche R^3 und φ. Nicht weniger schwierig ist es die Erhebungsgestalten auf R^3 bestimmt zu bezeichnen da unter denselben eine sehr grosse Mannigfaltigkeit aufzufinden ist. Es sind meist zugespitzte Wulste oder ungeregelte Kegelsegmente, welche mit der breiteren Basis auf der längeren Scalenoëderkante, oder auf der Combinationskante zu *c*, oder zu $+4R$ stehen, mit der Spitze gegen die schärfere Scalenoëderkante χ gerichtet sind, Fig. 118. 122. Es scheint dass eine gedrängte Gruppenbildung solcher Erhebungen auch die Veranlassung der so häufigen Treppenbildung auf *r* ist, der Furchung parallel der Combinationskante zu $+R$. Auf anscheinend durch Bergkrystall zersprengten Scalenoëdern von Bourg d'Oisans ist R^3 häufig in Nachbildung von dichtgedrängten spiessigen Gruppen überdeckt, welche in ihrer Gesammtheit in der Richtung dieser Furchung erstreckt sind, und zwar am besten in Furchen geordnet zunächst der Combinationskante mit $+R$ oder zunächst des Krystallgipfels, gegen die Mittelkante hin aber in mehr untergeordneter Wulstenhäufung. Eine solche Verschiedenheit der Ausbildung auf der Fläche R^3 findet sich sehr häufig, es ist der obere Flächentheil des steileren Scalenoëders

besser und ebener hergestellt als der untere. Dieses ist oft in Theilkrystalle gleichsam noch aufgelöst, Fig. 121. Wenn die fortbildende Thätigkeit des Krystalls auf dieser Fläche von beiden Polkanten ausgeht, so wird sie in der Nähe des Gipfels früher zusammentreffen, als zunächst der Mittelkanten, wo der Flächenraum weit breiter ist. Scalenoëder von Matlock waren von einer oberen Richtung her durch aufgefallene Substanz krustenartig überdeckt, der Krystall suchte die störende Substanz von den Polkanten aus zu überkleiden, Fig. 128. 133. Zunächst des Gipfels, d. h. da wo die Polkanten am nächsten zusammen stehen, ist die Ueberkleidung der oberen Flächen, Fig. 128 hergestellt, mehr oder weniger geglättet und geebnet; weiter gegen die Mittelkante liegt die störende Substanz noch offen, oder die deckende Kruste ist noch gitterartig gekreuzt, wie auch die unteren Flächen, Fig. 133. Auch solche Gitterbildung mag darauf hinweisen dass der Krystall seine Flächen R^3 von den beiden Polkanten aus herstellt, sie findet sich bei sorgfältiger Untersuchung gar nicht selten auf der Rundung nach R^5. Indess ist auch manches zu beachten, was bezweifeln lässt ob der Ausgang der bauenden Thätigkeit des Krystalls stets von den Kanten ausgehe. Es findet sich an Krystallen von Matlock und Bleiberg sehr häufig die negative, kürzere Scalenoëderkante gerundet, in der Hauptaxenrichtung vertieft, auf dem Grunde der Vertiefung f, φ treppig wechselnd, Fig. 48; hier sind die Spitzen der kegelförmigen Erhebungen gegen diese negative Kante gerichtet, der Bau daselbst zurückgeblieben. Fast bei jedem Vorkommen ist das Verhalten der polyëdrischen Erhöhungen auf R^3 ein verschiedenes. Bei den Auerbacher Scalenoëdern ist die Spitze der Erhebungen z. Th. nach dem Gipfel gerichtet, dabei in gerundeter, geschwungener Form gruppirt; (vergl. Rhomb. u. Scal. Fig. 45). Es entspricht dieser Richtung die Erhebung kleiner Spitzchen auf der anliegenden Fläche $+R$. Bei Krystallen anderer Fundorte, z. B. von Bogschan, von Nagybanya, von Saas zertheilt sich der ganze Gipfel in Gruppen von Spitzchen auf welchen unzählige, glänzende Streifchen $+4R$ einglänzen, Fig. 115. Selbst an Krystallen von Matlock ist ähnliches zu bemerken, die Furchung von R^3 ist nur zunächst der längeren Scalenoëderkante parallel geordnet, von der Flächenmitte aus sind feine Spitzchen gegen die negative Scalenoëderkante und gegen φ gerichtet, Fig. 134.

Wir hätten vielleicht ein Mittel eine Richtung der krystallbildenden Thätigkeit auf den einzelnen Flächen zu verfolgen. Bei aufgelagerter fremder Substanz müsste der fortschreitende Bau gegen diese Substanz widerstossen, an ihr vorüberziehen, um sich hinter derselben wieder zusammenzuschliessen. Dieses finden wir in der That zuweilen, es bleibt eine Vertiefung daselbst welche allmälig sich schliesst in rauhen Streifen oder sonst mangelhafter Vollendung. So wäre es wol möglich über diese Thätigkeit sich weiteren Aufschluss zu verschaffen, wenn

sie allein auf der Oberfläche des Krystalls sich äusserte, und wenn nicht in dem Resultat, wie es sich unseren Augen bietet, bereits eine Vermittlung oder Vereinigung verschiedener Thätigkeitsäusserungen vorläge. Es zeigt sich ja gerade die mangelhafte Bildung in dem ungeregelten Ineinandergreifen verschiedener Thätigkeitsrichtungen. Das Auftreten und das Schwinden gewisser Flächen scheint davon abzuhängen.

Die Fläche R^3 des Isländer Kalkspaths ist gewönlich matt, wie angehaucht, aber wol geebnet; R^2 daneben weit ungeregelter. Auf R^3 hie und da flache, langgestreckte, eliptische Erhebungen, auf R^2 Vertiefungen vorherschend, in welchen vorzugsweise R^3 einschimmert mit der anliegenden Treppenbildung 4R und R. Die Erhebungen auf R^3 zeigen sich in gleicher Weise auf $-4R^{5/3}$, und ebenso stimmt $^4/_3P2$ mit R^2 in dem Einschimmern der Hohlformen ganz überein, nur sind sie weniger tief, mehr gerundet. Eine weitere Verwandtschaft zeigt $-4R^{5/3}$ mit der Nachbarfläche $-{}^7/_3R^{5/3}$, es zieht glänzend auf dieses, welches rauh ist, hinüber, in Streifen, in Pünktchen, so dass die Grenze nicht genau anzugeben ist, Fig. 159. (vergl. Hessenberg, Min. Not. XI. Fig. 5.)

Die polyëdrischen Erhebungen auf den Krystallflächen, ebenso die Hohlformen, die im Krystallbau zurückgebliebenen Vertiefungen weisen überall ganz entschieden nach, dass sie nicht entstanden sind bei Aufschichtung gleichgeformter Molecüle. Auf den wulstartigen Erhebungen der Isländer Scalenoëder R^3 erglänzen stets feine Streifchen und Pünktchen R . 4R in Treppenbildung, lang erstreckt am Rande des Aufbaus, das rauhe +R breit gedehnt, das glänzende +4R schmal absteigend, Fig. 163. In den Vertiefungen aber sind zuweilen spiessige Gruppen zu bemerken welche, sich kreuzend, gegen einander gerichtet sind, ähnlich wie dies auch an Krystallen vom Harze zu bemerken ist, Fig. 123. Oder es sind auch beim Isländer Vorkommen die Vertiefungen bestimmter ausgebildet, in eigenthümlich parquettirten Formen, welche Hessenberg so meisterhaft in ihrem krystallographischen Verhalten beschrieben hat. (Min. Not. No. 7. No. 11.) Er bemerkt dazu dass der Isländer Doppelspath stellenweise sich nicht ganz zusammengeschlossen, innerhalb seiner stetig gefügten Masse kleinere hohle Räume übrig gelassen und in ihnen drusige Krystallformen ausgebildet habe. In solchen Sammelgruppen kleiner parallel verwachsener »Krystallsegmente« glaubt er das Vorbild zu erkennen »zu welchem in der Raumbeengten Krystallisation eigentlich der Keim vorbereitet« sei. Vielleicht der Keim; ob aber das Vorbild? Das bleibt in Frage. Der Schlusstypus des Isländer Kalkspaths ist doch wol das Scalenoëder R^3; die drusigen Krystallformen in den hohlen Räumen wären nur Uebergangsgestalten dazu. Auf grösseren Spaltstücken welche das Senckenbergische Museum aufbewahrt, finden sich dreiseitige Vertiefungen in der Spaltfläche R; kleine glänzende,

aber gerundete $+10R$ neigen sich nach einer scalenoidischen Furchenbildung ab, welche in der Tiefe im spitzen Winkel mit den von zwei anderen Seiten herführenden Furchengruppen sich kreuzen, Fig. 166.

Wir finden überall ein Bauen nach gemeinsamer Regel, aber mit grosser Mannigfaltigkeit der Herstellung; ein Fortbauen, oft in anscheinend ungeordneter Rundung, kein blosses Festigen nach Gesetzen der Schwere und der Adhäsion, sondern ein gleichmässiger Bau nach unten wie nach oben. Wir bemerken die Erhebungen auf R^3 an Zwillingskrystallen nach oR in ganz gleicher oder doch ähnlicher Weise ausgeführt an den vier verschieden gerichteten Scalenoëderflächen R^3, Fig. 122.

Die Fläche $\infty P2$ findet sich auffallend häufig, oder fast ausschliesslich, an missbildeten Krystallen, und auch selbst mangelhaft hergestellt. Die Stalaktiten von Bellamar sind im wesentlichen durch dies sogenannte zweite Prisma bestimt, dieses aber gebogen, gefurcht, oder in gerundeter Treppenbildung; dazwischen das erste Prisma *c* fast noch ungeregelter ausgebildet, in stenglicher Häufung auf welcher in Pünktchen das glänzende $+4R$ einspiegelt, Fig. 95. Eine unendliche Mannigfaltigkeit der Ausbildung dieser Fläche findet sich an den gerundeten Krystallhüllen von Andreasberg, man kann daran die allmäligsten Uebergänge aus ganz unbestimbaren, gerundeten Formen zur Treppenbildung studiren, Fig. 44. 96. 100. 103. 113. 114. 125. 135. Am vorzüglichsten hergestellt zeigt sie sich an den tafelförmigen Krystallen des Maderanerthales, (Hessenberg Min. Not. p. 12. Fig. 6. 7.) aber selbst an diesem Vorkommen ist sie nicht vollkommen geebnet, sie ist schwach diagonal gefurcht, parallel der Kante zu $+R$, Fig. 112, und vertical gestellte Vertiefungen finden sich in sehr grosser Anzahl.

Zeigt sich die Fläche $\infty P2$ an prismatisch erstreckten Krystallen, so ist fast immer eine Störung auf der Fläche ∞R nachzuweisen, eine Verzerrung oder Missbildung; es tritt meist dabei ein scalenoëdrischer Treppenbau statt der prismatischen Seitenkante vor. Das Scalenoëder ist aber keineswegs stets dasselbe, die Treppen glänzen mit den verschiedensten Neigungen ein, mit $+\frac{5}{4}R^3$, $+\frac{6}{5}R^3$, $+\frac{9}{7}R^3$ oder auch mit steileren Scalenoëdern wie R^3, R^5, R^6 etc. in den allermeisten Fällen aber sind sie so unmessbar, wie die gerundete Fläche *u* selbst.

An mangelhaft gebauten Krystallen von Andreasberg sind durch die Furchung *u* scharfe, feine, fast rechtwinklig hindurchziehende Einschnitte zu bemerken; bei ausgefaserten Krystallen desselben Fundorts findet sich wol auch die Treppenbildung *u* getheilt, entlang der Kanten zu *c* und mR^n abfallend, Fig. 111^{a-c}; die zwei Treppenbildungen ziehen nach dem anliegenden Scalenoëder hinüber, sind auf diesem selbst gegen $+4R$ hin zu verfolgen, Fig. 119.

Es ist dies ein ganz ähnlicher Vorgang wie wir ihn an Bergkrystallen von Carrara finden; auch dort zieht sich oft zwischen zwei Prismenflächen an der Stelle der Seitenkanten eine mangelhaft gebildete Fläche hin, wendet sich oben rechts, unten links gegen eine Fläche $-R$. (s. N. Jahrb. f. Min. 1867. p. 670—75, Fig. 4. 5.).

Bei dem Isländer Kalkspath ist diese Fläche $\infty P2$ zum Theil sehr gross, aber parallel der Kante zu R Sp. wellig gefurcht; (vergl. Hessenberg, Min. Not. XI. p. 13. u. Fig. 6) eine zweite Furchung, scharfe Einschnitte sind auch hier in der Richtung einer Spaltfläche R zu bemerken, die wellige Furchung unter Winkeln von ungefähr 75^0 und 105^0 schneidend; sodann noch unzählige feine Vertiefungen, etwa parallel zur Kante mit $+10R$ gerichtet, oder nach der rhomboëdrischen Hauptzone, Fig. 159. Die unvollendete Ausbildung dieser Stelle ist auch zu erkennen aus dem Verhalten der Uebergangsfläche $-{}^7/_3 R^5/_3$. Die Erhebungen auf derselben glänzen, wie bemerkt, einestheils mit der Nachbarfläche $-4R^5/_3$ ein, andererseits mit den Furchen von *u*. Diese Furchen selbst aber sinken tiefer zurück entlang der Kante mit $-{}^7/_3 R^5/_3$, die mangelhafte Fläche *u* ist daselbst noch mehr zurückgeblieben, Fig. 159.

An dem schönen, wasserhellen Krystall aus dem Ahrnthale, welchen Hessenberg Min. Not. 4. p. 13 beschreibt, Fig. 9 darstellt, zeigt schon der Gipfel, in breiter Treppenbildung $+{}^2/_5 R^2$, den unvollendeten Bau an. Es ist $\infty P2$ überall zu finden, stets äusserst fein gefurcht in doppelter Treppenbildung, der eine Treppenbau nach oben rechts sich fortsetzend, gegen $+4R$ hin, der andere links unten, Fig. 119. Die Kanten gegen $-2R2$ sind unvollendet, etwas vertieft. Von R^3 ist eigentlich nur der mittlere Flächentheil geebnet und glänzend, zunächst sämmtlicher Kanten die Fläche rauh, etwas abfallend.

Dann mögen noch die zierlichen Krystalle von Agaete, Canaria erwähnt werden, welche Hessenberg Min. Not. 9. p. 13 u. Fig. 4 beschreibt. Die glänzend geebneten Flächen sind durchgängig klein, z. Th. nur in Pünktchen vorhanden, die wellige $-{}^1/_2 R$ und die fein gefurchte, convex erhobene *u* bestimmen den Habitus der Krystalle. Letztere ist cylindrisch gerundet in der Weise, dass die feine Treppenbildung oben und unten mit dem anliegenden R^3 einschimmert. Hier ist die ganze Fläche gleichmässig gefurcht, die Kanten aber sind gerundet welches der krystallographischen Bestimmung grosse Schwierigkeit verursachte.

Wie haben wir uns die scharfen Einschnitte in der Furchung von *u* zu deuten? und die Theilung der Fläche mit verschiedener Erstreckung der Treppenbildung? Ein Zerstören und Ausfressen ist es sicher nicht, dagegen spricht schon das frische Ansehen der Krystalle von Island und der andern genannten Orte, ebenso die Schärfe des hohlen Raumes, und das Auftreten bestimmter, glänzender kleiner Flächen, wie z. B. $+10R$, entlang der Kanten desselben.

Es kann diese Scheidung nur im Bau selbst gesucht werden. An rauh gebildeten Scalenoëdern von Hogtooth, auch auf Krystallhüllen von Oberstein finden sich Andeutungen einer wechselnden Fügung des Krystalls an der Stelle der Flächenmitte von *u*. Fig. 127. Es ziehen sich auf der negativen Scalenoëderkante *X* spiessige Gruppen, schuppenähnlich herab bis in die Hälfte der Mittelkanten, wo sie wechseln mit den, von der unteren negativen oder kürzeren Scalenoëder kante aufsteigenden Gruppen. Es ist dies eine Dreitheilung des Kalkspathbaus, welche bereits an anderen Stellen wir zu bemerken Gelegenheit hatten, und auf welche auch die erwähnten Einschnitte, Vertiefungen hinweisen. Fig. 63. 75. In den Einschnitten von *u* ist zuweilen eine geordnete Reihe gleichgeformter Hohlräumchen zu erkennen, welche wie die Vertiefungen in einem Flechtwerk sich darstellen. Fig. 111^b. 116. Vergl. Leydolt, Structur d. Quarzes, Taf. III. fig. 1—6. Taf. V.

Die negativen Scalenoëder nehmen im ganzen genommen nur eine untergeordnete Stelle unter den Flächen des Kalkspaths ein; es scheint dass sie sämmtlich nur als Uebergangsflächen zu betrachten sind. Zum Theil zwar sind sie vollkommen eben und glänzend, in den allermeisten Fällen aber ist eine sichere Bestimmung nicht leicht, weil sie mehrstreifige Reflexbilder liefern, »eine unliebsame Eigenschaft gar vieler negativer Scalenoëder.« (Hessenberg XII.) Sie sind characteristisch für verschiedene Fundorte, so — 2R2 für die Krystalle von Alston Moor in Cumberland, — $^4/_5R^3$ für die vom oberen See und von Island, — $^1/_2R^4$ für den Kalkspath vom oberen See. Mit der Abrundung der kürzeren Scalenoëderkante von Matlock, von Bleiberg, vom oberen Wallis, von Oberstein fehlen die negativen Scalenoëder fast nie; sie sind dann gewöhnlich auch cylindrisch gerundet, wie z. B. das glänzende — $^1/_2R^5$ von Matlock. Der Glanz ist glasartig oder ein Fettglanz. Es ist darauf wohl auch eine Streifung zu bemerken, eine spiessige Gruppirung gegen die längeren Scalenoëderkanten gerichtet, Fig. 90, oder gegen die Mittelkanten. Fig. 62.

Das negative Rhomboëder — $4R^{5/3}$ hat in der letzten Zeit besondere Beachtung gefunden; Hessenberg bezeichnet die Fläche als eine der schönsten und constantesten Flächen am Isländer Spath. Sie zeigt aber zuweilen, besonders in der Nachbarschaft von $^7/_3R^{5/3}$ flach erhobene gerundete Formen, welche in ihrem Abfall mit dieser letzgenannten Fläche einschimmern. Die kleinen Erhöhungen auf — $^7/_3R^{5/3}$ spiegeln wieder mit der Fläche — $4R^{5/3}$ und mit + $_{10}R$, in den Vertiefungen daneben ist aber ∞P2 zu erkennen. Alles dieses deutet wohl an, dass allmälig — $^7/_3R^{5/3}$ in die Fläche — $4R^{5/3}$ übergeführt worden wäre, diese vielleicht wieder in andere Flächen wie R^3. Bei andern Vorkommen erglänzen andere Flächen, auch positive Scalenoëder, in den Vertiefungen der negativen Scalenoëder, oder es zeigen sich auf den Erhebungen derselben negative Rhomboëder wie *f* oder *g*. Fig. 62.

Die Pyramide, oder die hexagondodecaëdrischen Formen des Kalkspaths haben wohl nur krystallographisch eine besondere Bedeutung, in der Art und Weise ihres Auftretens sind sie den negativen Scalenoëdern beizuordnen. Characteristisch scheint eine gewisse Unregelmässigkeit welche entweder in ihrer Ausbildung zu bemerken ist, oder an ihrem Auftreten, der Unvollzähligkeit der Flächen, oder auch in dem Habitus der begleitenden Flächen. (Vergl. Hessenberg No. 4. p. 6. 7. u. p. 12. vom Rath, Min. Mit. V. p. 518—521.) Wie bei den Bergkrystallen vom Dauphiné das Rhombendodecaëder meist auftritt wenn die Flächen ± R unsymmetrisch ausgebildet sind, so hier, bei dem unsymmetrischen Auftreten der Rhomboëderflächen z. B. von Hausach, des Hexagondodecaëder. Auf den Maderanertafeln werden die Pyramidenflächen nicht an einem und demselben Krystall neben einander gefunden, sie treten einseitig auf, nur an verschiedenen Ecken, und zwar zeigen sie sich, wenn das zweite Prisma ∞P2 ausgebildet ist, stets nur über der breiteren dieser beider Flächen. Fig. 112. Sie sind fast immer uneben, zum Theil wie getüpfelt; die Furchung *t* darüber ungleich vorbauend, in die Pyramidenfläche eingreifend.

Auf Krystallen von Agaëte treten Pyramiden wohl auch glänzend auf, meist aber sind sie gerundet, nicht messbar. Ist auch die Pyramide 9P von Andreasberg zuweilen glatt und glänzend, sie geht doch meist gerundet in die Fläche ∞P2 über; auch bei dem Cumberlander Vorkommen zieht das negative Scalenoëder zwar glänzend aber gerundet nach dem Rhombendodecaëder ab, oder es geht dieses auch hier in ∞P2 über. An den Krystallen von Bleiberg verräth sich die Pyramide 4/3P2 durch die horizontale Kante mit ihrem entsprechenden ∞P2, sonst wäre sie schwer zu bestimmen; die Unterscheidung vom nahe liegenden Scalenoëder ist »mit blossem Auge unmöglich.« Bei grösseren Krystallen ist die Wölbung welche diese benachbarten Flächen bilden sehr auffallend, die Spitze der kegelartigen Erhebungen ist gegen — 6/5R gerichtet, welches ebenfalls polyëdrische Anschwellung zeigt. Weitere Unregelmässigkeit ist an solchen Krystallen auf dem Gipfel zu bemerken, indem die Fläche — 1/2R zunächst desselben meist nach der schiefen Diagonale eingeschnitten oder vertieft ist. Fig. 73. Auch bei dem Isländer Vorkommen ist die Fläche 4/3P2 rauh, wie die anliegende R^2, mit Vertiefungen übersät, in welchen die Flächen R^3 . 4R . R Sp. einschimmern, stärker auf R^2, schwächer auf 4/3P2. (Vergl. Hessenberg No. 11. p. 14.)

Noch ist einer wichtigen Fläche zu gedenken, der Endfläche oR, welche gewönlich als ein Abschluss, ein Ende des Krystallbaues bezeichnet wird, diese Auffassung aber nur in krystallographischem Sinne verdient.

Die Abzeichen der Fläche oR sind in der Abhandlung »über die milchige Trübung,«

Fig. 15. 16. dargestellt; es sind keilförmige Erhebungen, glänzend gerundet, gleichseitig, mit der schmaleren Basis gleichmässig geordnet parallel der Combinationskante zu + R, mit der Spitze gegen die Flächenmitte gerichtet. Fig. 136. 137. 142. Solche Gruppen nehmen auf der Fläche oR je drei Ausschnitte ein, welche auf der positiven Kante des Prisma stehen, ihr anliegen; die ganz ähnlich ausgebildeten polyëdrischen Erhebungen der Fläche ∞R stehen auch, in ganz gleicher Weise gegen diese Combinationskante, so dass Basis an Basis rückt. (Milch. Trüb. Fig. 16.) Möglicher Weise ist diese Anordnung des Baues die Ursache der Rechtwinklichkeit dieser Combinationskante. Es liegt hier ein Resultat der krystallbauenden Thätigkeit uns vor, welches wir noch nicht deuten können. Die mit den positiven Ausschnitten wechselnden drei negativen Flächentheile, bieten einen ganz verschiedenen Anblick, eine gekreuzte Furchung, in schiefer Richtung gegittert, meist wirr durcheinander laufend, rauh, eine bestimmte Anordnung nicht erkennbar. Fig. 136.

Kaum eine andere Fläche scheint uns so sehr einen inneren Zusammenhang der verschiedenen Gestaltung des Kalkspaths vor Augen zu legen, als diese Fläche oR. Auf schuhgrossen, weissen, schuppigen Tafeln des Maderanerthales finden wir glänzende, durchsichtige dunklere Stellen, augenartig ausgezeichnet; diese sind abgegrenzt als scalenoëdrische Schnitte normal auf die Hauptaxe R^3 oder R^5. Fig. 145. Es ist eine verschiedene Ausbildung des Krystalls an verschiedenen Stellen der Tafel, die durchsichtigen Bezirke ohne Zweifel besser vollendet als die weissen, blätterigen, undurchsichtigen; es fehlen noch Thatsachen welche nachweisen ob die bessere Ausbildung eine gleichzeitige, oder was wahrscheinlicher ist, eine allmälige, später erlangte ist, ein Herausbilden des scalenoëdrischen Baues aus der Tafelbildung, oder ein Durchwachsen derselben zum scalenoëdrischen Bau.

Es sind bestimmter zwei Richtungen zu scheiden nach welchen der Tafelbau des Kalkspaths, besonders der Maderaner sich fortbildet: nach der Fläche oR, und nach der Hauptaxenrichtung. Papierdünne braune Tafeln, angewachsen an Bergkrystall, umsäumt ein rauhes Band; nicht nur die Gesammttafel selbst, sondern auch die Krystalltheile welche in zarter Treppenbildung darauf sich erheben. Fig. 139. 142. 144. Der innere, glänzende Raum stellt zuweilen einen scalenoëdrischen Querschnitt, rechtwinklich auf die Hauptaxe dar, mit Winkeln von etwa 134° und 109°, was auf das Scalenoëder R^5 hindeuten würde. Der scalenoëdrische Abschnitt auf oR ist ebenso glänzend als die rhomboëdrisch begrenzten Tafelbildungen welche über denselben hinziehen. Fig. 139. Die rauhe Umwandlung ist stets gerundet, ausgefranst, unmessbar; zunächst des glänzenden Kerns schimmern darauf kleine Pünktchen mit demselben ein.

Das Wachsen des Tafelbaues in der Hauptaxenrichtung, also in die Dicke, findet sich ebenso

in der Erhebung kleiner Theilgestalten, meist treppenförmig ausgebildet, nach + R abfallend, wie auch in kleinen gerundeten conischen Gipfelchen, welche in der Gesammtheit als rauhe Flächenbildung bezeichnet werden könnten, daneben aber in Pünktchen und kleinen Stellen mit mehr oder weniger bestimmbaren Flächen einglänzen oder einschimmern, mit + R . g . t, vielleicht auch mit φ. Verbreitern sich solche Gipfelchen, wachsen sie zusammen, so bleiben allmälig nur Furchen übrig, dreifach gekreuzt unter Winkeln von 60°, und dreiseitige Hohlräumchen. Fig. 150. Zuweilen verlassen die Furchen die gerade Richtung, sie ziehen in gebogener Form wirr durcheinander; auch die kleinen Hohlformen sind im Innern von verschiedener Bildung, bald ist diese Fläche darin zu ermitteln, bald eine andere; bei Treppenbildungen ist oR stets glänzend, + R rauh und schmal, so dass die Erhebung sich kaum als solche auszeichnet; bei scalenoëdrischem Ausschnitt auf oR ist dieser wohl ebenso glänzend als der rhomboëdrisch begrenzte Kern oR, er ist aber anders gefurcht. Fig. 139. Es scheint überall die gleiche Anlage des Baues und die gleiche Fortbildung, wenn auch in verschieden vorherschenden Richtungen, der bevorzugte Tafelbau mit der Glättung oR, der zurückgebliebene Scalenoëderbau, nur als Kern sich zeigend, oder an Erhebungen übergehend in die rhomboëdrische Begrenzung + R, oder *g*, oder *f*. Bei Zweigtafeln welche aus geknickter Platte zur Ergänzung vorwachsen, zeigt sich auf oR die rhomboëdrische Furchung, zugespitzt gegen den negativen Rand der Fläche hin. Die Zuspitzung läuft in parallel gerichtete Firsten aus, welche nach zweien Flächen + R abfallen. Fig. 140. 140ᵃ.

Wie im Maderanerthale so finden sich auch anderwärts, z. B. in Schneeberg, dünne Tafelbauten welche dieselben Merkmale darbieten; ebenso von Andreasberg feine Tafelbildungen, zu Zellen zusammengewachsen, die Büschelgruppen der Fläche oR auch hier in Abtheilungen parallel der Combinationskante zu + ∞R, oder bei mangelndem Prisma parallel der Stelle wo diese Kante sich ausgebildet haben würde, wol auch glänzend und etwas gewölbt aus der sonst rauhen und lockeren Tafelbildung vortretend. Es erbauen sich solche Tafeln von einer mittleren Ansatzstelle aus, sei es um den Gipfel eines Scalenoëders, oder um einen fremden Körper, etwa ein Pyritkügelchen, fig. 140. 141; die Richtung des Baues geht hier, wie bei dem Mangel jeder ausgeprägten Fläche aus den Spaltflächen zu ersehen, in spiessigen Gruppen nach den positiven Polkanten vor. Die Ausspitzung der spiessigen Gruppen hat fast dasselbe Ansehen, wie die Furchung des stumpferen Rhomboëders; die Firste der Furchen fallen nach Flächen ab, auf welchen die Streifung *g* schwach angedeutet ist. Fig. 136ᵇ. Wir hätten hier wieder einen Uebergang von *g* nach *t* wie solcher so häufig sich findet, oder auch das giebelförmige Vortreten welches als *c* . *t* . auf den rauhen

Flächen + R der Maderanertafelbildung nicht selten beobachtet werden kann. Fig. 151. In der verschiedensten Weise treffen wir auf diese Furchung *g*, welche bei der Bildung oder während einer Missbildung der Fläche oR entweder auf, oder zur Seite dieser Fläche vortritt. Fig. 136. 140.

In Verbindung mit dem Rhomboëder- und Scalenoëderbau zeigt sich die Fläche oR am mannigfaltigsten ausgebildet bei den Andreasberger Vorkommen. Hier ist die Fläche oR fast nie geebnet und glänzend, sondern rauh, mit zahlreichen Erhöhungen versehen, oder in ähnlicher Weise vertieft. Bei dem Maderaner Vorkommen überwiegt die horizontale Bildungsrichtung, bei dem Andreasberger tritt diese mehr zurück; das erstere ist seitlich, mit der schmalen Tafelseite angewachsen, das letztere aber meist an Krystallhüllen, über Kernkrystallen zu finden. Auch der Ergänzungsbau der Maderanertafeln ist mehr in der Richtung von oR erstreckt, bei dem Andreasberger wie bei dem Ahrner Vorkommen mehr nach der Hauptaxenrichtung, oder in scalenoëdrischen Formen vordrängend.

Auf der Flächenmitte ist die ungleiche Erhebung gewönlich eine parquetartige; kleinere dreiseitige Stellen oR, welche meist nach der Furchung *g* abfallen, wol auch nach dem gerundeten *t*; Fig. 138. 143. so im Erzgebirge, in Schneeberg, auf den Krystallen von Liskeard und auf den interessanten ziegelrothen Krystallhüllen von Andreasberg, über blassvioletten Kernen; (Rhomb. u. Scal. Fig. 30.) oder es sind auch nur leistenartige Erhöhungen welche parallel der negativen Kante in der Furchung *g* sich erheben; dann ist gewönlich der scalenoëdrische Kern noch erkennbar um welchen hin die Fortbildung stattgefunden hat. Fig. 140. Die ausgezeichneten Krystalle auf den Tafeln des Ahrnthals, die kreisförmigen Wulste auf Tafeln von Guanaxuato gehören ebenfalls hierher; (»Milch. Trübung.« p. 6. Fig. 4—6. Rhomb. und Scal. p. 36. Fig. 48). Diese Erhebungen sind nicht von ihrer Grundlage zu trennen, sie sind mit der Tafel eins, über die einspringende Furchung eines flacheren Rhomboëders daraus vortretend.

Baut zunächst der positiven Combinationskanten der Krystall die Fläche oR höher auf, so erhält er dadurch ein sattelförmiges Ansehen. Fig. 43, 44. Es scheint solche Unregelmässigkeit besonders bei seitlich mit dem Prisma angewachsenen Krystallen sich einzustellen; sie findet sich aber auch bei kleinen unregelmässig krustenartig zusammengewachsenen Krystallen. Fig. 110.

In der letzten Arbeit Hessenberg's, als 9. Heft der neuen Folge bezeichnet, ist Fig. 9 ein Krystall von Andreasberg dargestellt; aus einer kurzsäuligen, verzerrten Gestalt vorgewachsen nach beiden Richtungen der Hauptaxe in rhomboëdrisch-scalenoëdrischer Gestalt. Die Fortbildung hat hier aus den beiden Endflächen oR des Kernkrystalls in der Hauptaxen-

richtung stattgefunden, mit Ausprägung von steileren Rhomboëdern und Scalenoëderformen, nicht aber einer Endfläche. Bei solchen Fortbildungen schwindet jeder Gedanke an ein Aggregiren von Subindividuen, wir finden überall die allmäligsten Uebergänge und Abänderungen auf demselben Handstück, bald mehr das Prisma ausgebildet, bald das Prisma zu steilem Rhomboëder verzerrt, oder auch Scalenoëder vortretend, meist gewölbt, mit polyedrischen Flächen.

Wie ein Vordrängen über oR in der Hauptaxenrichtung, so ist auch ein Zurückbleiben der Fläche oR zu bemerken; der Krystall zertheilt sich büschelförmig, nach dem Innern zeigen sich steilabfallende Vertiefungen. Es fehlt das gleichmässige Zusammenwirken der verschiedenen Thätigkeitsrichtungen des bauenden Krystalls; es herscht die scalenoëdrische und rhomboëdrische Bildungsrichtung vor, die horizontale tritt zurück. Fig. 111. 117.

Richtungen der Thätigkeitsäusserungen des Krystalls.

Wir haben eine dreifache Richtung zu bezeichnen welche bei mangelhaftem Bau der Kalkspathkrystalle sich bemerklich macht, sowohl in der Stellung abgesonderter Krystalltheile, wie in den sich zeigenden Hohlräumchen bei mangelhafter Erfüllung der Flächen und des Krystallinnern. Die erste Richtung offenbart sich in einer stenglichen Häufung oder Absonderung von Krystalltheilen und in Hohlformen welche mit der Hauptaxe in einer Ebene liegen. Sie fällt mit der rhomboëdrischen Hauptzone zusammen, ist deshalb als »rhomboëdrische Richtung« des Kalkspathbaues bezeichnet worden, Fig. 106. 107. 111. 115. 131. 15. 16. Eine zweite weniger bestimt ausgesprochene kreuzt die erstere, Fig. 113. 114. 119. 125; sie bietet keine abgegrenzten Krystalltheile dar; unvollkommene Herstellung offenbart sich in einer Rundung der Flächen, wie der Hohlräume. Sie entspricht der scalenoëdrischen Hauptzonenrichtung, und mag als »scalenoëdrische Richtung« des Kalkspathbaus gelten. Eine dritte Richtung ist in horizontaler Richtung verfolgt worden; sie ist charakterisirt durch die blättrige Bildung parallel der Endfläche oR, Fig. 139. 144. 145. Sie mag hier die »Endflächenrichtung« oder die »horizontale Richtung« der bauenden Thätigkeit des Krystalls heissen. Es bleibt dahingestellt ob nicht, und inwiefern, diese gesondert aufgefassten Richtungen, z. B. die scalenoëdrische, selbst wieder als Resultat verschiedener Combinationen sich darstellen; und ob nicht noch andere Richtungen der bauenden Thätigkeit aufgefunden werden können. Wir wollen hier nur Thatsachen noch aufsuchen welche uns in dem Vortreten der einen oder der andern dieser drei Richtungen das Vorhandensein derselben wahrscheinlich machen oder be-

stätigen. Wir müssen dabei immer wieder bescheiden hervorheben dass wir von dem Zusammentreten der Krystalltheile oder von dem Durcheinanderstreben und Festigen der Krystallbauenden Richtungen noch keine Anschauung und Auffassung gewonnen haben. Dies bleibt der Forschung noch überlassen. Von Lamellen und körperlich gesonderten Stengeln als Subindividuen müssen wir natürlich ganz absehen.

In dem Aufsatze »über die milchige Trübung auf oR des säuligen Kalkspaths« ist bereits hervorgehoben dass ein unvollendeter Bau derselben zu Grunde liege, und zwar scheint die rhomboëdrische und die scalenoëdrische Richtung zurückgeblieben zu sein. Es ist dabei wol die Art des Wachsens zu beachten. Wie beim Quarze ist der Bau der an- und aufgewachsenen Krystalle verschieden von einer nach allen Seiten hin ungehinderten Bildung; es ist der seitlich angewachsene Krystall meist anders ausgebildet, als der mit der Basis oR aufgewachsene; zu jenen sind die Tafelbildungen vom Maderanerthale, wie von Andreasberg zu rechnen, zu diesen meist die Hüllenbildungen und auch die nach oR verbundenen Zwillingskrystalle. Man muss möglichst auf den ersten Ausgang des Baues zurückgehen, wenn man Bestätigung solcher Regeln suchen will. Die vortretende Thätigkeit des Krystalls nach der Endflächenrichtung zeigt sich in der blättrigen Ausbildung, in den dreiseitigen Hohlräumchen auf der Sp. R, (milch. Trübung, Fig. 23) in der leichten Spaltbarkeit nach oR, und in dem Mangel der Durchsichtigkeit. Wir finden in seitlich angewachsenen Kalkspathtafeln Durchsichtigkeit überall da, wo sich der scalenoëdrische, sechsseitige Kern augenartig herausgebildet hat, Fig. 145. 148. Bei prismatisch ausgebildeten Krystallen ist wol auch die milchige Trübung in der Krystallmitte zu finden, ein kegelförmiger Ausschnitt, nach der Hauptaxe des Krystalls gerichtet, Fig. 156.[a. b.] Mit überwiegendem Vorherschen der Endflächenrichtung ist der Schieferspath gebildet. Es wird von ihm in den Lehrbüchern nur die Farbe und die blättrige schalige Absonderung hervorgehoben; Des Cloiseaux in dem trefflichen Manuel II p. 113 geht auf die Ursache ein, Andere bezeichnen ihn als »krystallinische Masse.« Er kommt gar nicht selten auch in ausgebildeten Krystallen vor, so in den Alpen, im Erzgebirg, in la Frais bei Vizille, Oberstein, Andreasberg u. a. O. m.; häufig mag eine Verunreinigung, eine Störung des Baues die Veranlassung sein, ob in allen Fällen ist fraglich.

Bei einer verzerrten Tafelbildung von Andreasberg ist oR in Treppenbildung mit einem gerundeten *c* wechselnd, dem entsprechend erstreckt sich ein dunkler, durchsichtiger Streifen in schiefer Richtung, Fig. 101, zugleich aber ist in der Richtung der Hauptaxe eine Reihe kleiner durchsichtig ausgebildeter Stellen erkennbar. An wasserhellen, sehr verzerrten prismatischen Krystallen von Andreasberg zieht sich der weissliche Streifen nach der Hauptaxenrichtung, wie

ausgefasert, mit schiefer dreifacher Gitterung, Fig. 158; an Tafelbildungen nach *f* erstreckt, zieht die Trübung parallel dieser Fläche, Fig. 154.

So scheint diese mangelhafte Bildung nicht dem Tafelbau oR . ∞R ausschliesslich zuzustehen, am wenigsten aber doch bei dem scalenoëdrischen Bau aufgefunden zu werden.

D i e s c a l e n o ë d r i s c h e n P o l k a n t e n. Der Bau der positiven Polkanten des Scalenoëders ist von dem der negativen sehr wesentlich verschieden. Ein mangelhafter Bau beurkundet sich an der positiven Polkante durch das Auftreten von ebenen Flächen + R oder + 4R; bei der negativen aber durch glänzende Abrundung, durch Ausbilden von negativen Scalenoëdern und gerundeten Rhomboëdern, oder auch durch Einsinken der Kante in mangelhafter Erfüllung nach der treppigen Bildung *f* . *φ* in der Tiefe des Hohlraums. Bei elfenbeinweissen, Schieferspath ähnlichen Krystallen von Bleiberg, welche in einer durchsichtigen Hülle fortgesetzt, ist dieser auf der negativen Scalenoëderkante treppig als *c* . *g*; die positive Kante ist den Bau weit mehr geregelt, besser hergestellt.

In der Universitätssammlung von Tübingen befindet sich ein handgrosser Krystall R^3, angeblich aus England (vielleicht aus Oberstein), die längere Scalenoëderkante *Y* undurchsichtig weiss, die schärfere Kante *X* aber sammt dem Gipfel *g* . *t* gelblich braun und durchsichtig, Fig. 132. In dem Bereich der weissen Stellen ist ein lebhaftes Farbenspiel zu bemerken, nicht aber in dem durchsichtigen Krystalltheil. Die Bauweise oder die Umstände welche beim Bauen obgewaltet, müssen wol verschieden gewesen sein. Unter den Bleiberger und Raibler Krystallen lassen sich ähnliche Bildungen auffinden. Die kürzere Polkante *X* in wulstiger Rundung durchsichtig braun, die Kante *Y* aber, und die Stellen zur Seite derselben undurchsichtig und grau. Mit einem blos äusserlichen Ansatz von Subindividuen ist ein solcher Vorgang nicht zu deuten. Wir müssen bei dieser Gelegenheit nochmals der Einschnitte, der Hohlräumchen auf Krystallgipfeln gedenken, der Vertiefungen welche vom Scheitel aus nach der schiefen Diagonale herabziehen, Fig. 63. 73. 75. Es werden solche am häufigsten auf der Fläche — ½R oder *g* gerundeter Krystalle gefunden, auf rhomboëdrisch-scalenoëdrischen Gestalten, von Bleiberg, vom Münsterthale, von Oberstein. An prismatischen Krystallen ist die Narbe, welche sich wol allmälig auch mit fremder Substanz angefüllt haben mochte, häufig geebnet, ausgeglichen, statt derselben zeigt sich ein dunkler Streifen in gleicher Richtung. Eine solche dreitheilige Sonderung nach der schiefen Diagonale von *g* entspricht den kürzeren Scalenoëderkanten eines Krystallkerns, den mancherlei Vertiefungen und Treppenbildungen auf derselben, welche an anderer Stelle bereits hervorgehoben worden sind.

Krystallhüllen. Uebergänge aus einer Krystallgestalt in eine andere lassen sich vortrefflich bei gestörter Krystallbildung studiren, ebenso bei zerbrochenen oder mangelhaft ausgebildeten Krystallen welche sich auf der Lagerstätte selbst ergänzen, vervollständigen, wie an Hüllen- oder Kernkrystallen, welche, von fremder Substanz überlagert, dieselbe allmälig überkleiden und in sich einschliessen. An solchen Hüllenkrystallen finden sich Uebergänge aus dem Rhomboëder zu Scalenoëdern, aus diesen zum Prisma, aus dem verzerrten Prisma zum Rhomboëder; und zwar solche Uebergänge ebensowol aus dem Kerne zur Krystallhülle, wie auch an den verzerrten und mangelhaft hergestellten Hüllen selbst. In den zahlreichen Hohlformen oder in der gekreuzten Furchung des Prisma glänzen die mangelhaft ausgebildeten, anliegenden Scalenoëder und Rhomboëder ein, die polyëdrischen Parquetzeichnungen des Prisma, verzogen und verzerrt, gehen in ein steiles Rhomboëder oder Scalenoëder über, Fig. 39. 81. 82. An verschiedenen Stellen der Rundung können verschiedene Flächen herausgemessen werden, es müssen die charakteristischen Kennzeichen der jeweiligen Flächen maassgebend sein. Man ist nicht berechtigt bei solchen abweichenden Krystallgestalten die Hülle stets als eine verschiedene Species vom Kerne zu scheiden; es ist meist derselbe Krystall, unter veränderten äusseren Verhältnissen und Bedingungen anders ausgeführt, in geringerer oder grösserer Vollendung. Bei gewissen Krystallgestalten scheint eine Abänderung der Krystallgestalt nach eingetretener Störung nicht einzutreten, z. B. bei negativen Rhomboëdern; bei anderen, bei den meisten, ist dies aber der Fall. Eine sehr gewönliche Abänderung eines scalenoëdrischen Kerns ist die Hüllenbildung $\infty R . g$ oder $\infty R . g . oR$; so bei den Vorkommen von Freiberg, Maxen, Schneeberg, Gersdorf. Theilkrystalle setzen sich prismatisch an, oder wachsen prismatisch, in vorherschender Endflächenrichtung, aus, verbinden sich zu thurmförmigen Gestalten, in Stockwerken oder in Treppenbildung. Eine ganze Reihe sogenannter Species des Kalkspaths wäre hier aufzuführen; fremde Substanz bedingt eine Störung des ruhigen Baus, die scalenoëdrische Richtung der bauenden Thätigkeit tritt mehr zurück, die andern Richtungen treten vor, der Krystall zeigt sich gerundet, gewölbt; unmessbare Flächen wie $+ 16 R$ machen sich breit.

Die Umhüllung der Kalkspathkrystalle ist eine so häufige Erscheinung dass sie längst beobachtet und vielfach beschrieben worden ist. Schon Bournon giebt eine ganze Tafel solcher Figuren. (Pl. 48.) Es lässt sich aus solchen Beobachtungen wol manch leitender Gesichtspunkt herausfinden.

Es ist schwer nachzuweisen ob verschiedene Substanzen, dem bauenden Kalkspath störend aufgelagert, auch verschiedene Resultate hervorgerufen, und wie die Auflagerung auf ver-

schiedenen Flächen auch verschiedene Ausbildung veranlasst; es fehlen uns dazu genügende Beobachtungen. Meist ist nur eine obere Seite des Krystalls von der fremden Substanz bedeckt, kann von der unteren Seite, auf welche kein Zersetzungstaub auffiel, deutlich geschieden werden. Die Fortbildung der Hülle war eine verschiedene auf der obern und auf der unteren Seite, Fig. 128. 133. Bei einem scalenoëdrischen Kernkrystall von Raibl ist auf den freigebliebenen Scalenoëderflächen die Neubildung fast 3 Mm. dick, über den oberen Flächen ist sie weit geringer. Es hat sich die Hülle in der Richtung einer Nebenaxe breit erstreckt, die schärfere Scalenoëderkante X tritt wulstig vor, die Mittelkante gewölbt, die Flächen sind vielfach zertheilt, der Krystall flächenreicher. Bei Krystallen von Matlock ist die störende Substanz kalkiger Staub, oder Kupferkies, oder Bleiglanz; sie ist durch den fortbauenden Kernkrystall von den Seiten her entweder theilweise überkleidet, oder auch gänzlich. Bei Krystallen R^3 aus dem oberen Rhonethal war eine störende, staubige Substanz von oben aufgefallen, das Fortwachsen ein ungeregeltes, nach einer Nebenaxe vorherschend, die Gipfelspitze meist zu breiter Schneide, oder First ausgebildet. Auch auf Krystallen von Bleiberg ist die störende Auflagerung einer fremden Substanz sehr häufig zu bemerken, darüber ein Hüllenbau, den Krystallkern umschliessend. Diese Substanz ist entweder staubartiger Bleiglanz, oder eine gelbliche kalkige Kruste. Das Fortbauen über dieselbe erfolgt in der Gegend der scalenoëdrischen Mittelkanten vorzugsweise durch den ungeregelten, gewölbten Prismenbau c, auf dem Krystallgipfel aber stets vermittelst des gefurchten und gerundeten g, oder $g \,.\, t$, welche Flächen dann oft in rauhen Stellen und Streifen, und in glänzenden Pünktchen nach einem steileren negativen Rhomboëder abfallen, oder in Hohlformen eines solchen einschimmern. Solche steileren Rhomboëder treten bald näher an $-\,{}^3/_2R$, bald an $-\,{}^5/_4R$, ja sie sind auch als $-R$ gemessen worden (Hessenberg). In Pünktchen ziehen sie oft, mit rauheren Stellen wechselnd, der ganzen Kante X entlang. An solchen gestörten scalenoëdrischen Krystallbauten von Bleiberg findet sich nicht selten neben den glänzenden Flächen $+R$ und $+4R$ eine unsymmetrisch ausgebildete Pyramide, und zwar in allen Hohlformen des anliegenden Scalenoëders in der Rundung mit $+R \,.\, +4R$ und c einglänzend oder einschimmernd. Hier ist der beste Fundort für solche Pyramiden, auch die diagonalen Einschnitte auf $-\,{}^1/_2R$ sind daneben nicht selten, Fig. 73; auf den Wänden dieser Vertiefungen glänzt $+R$ ein.

Das Fortwachsen auf, durch oder über fremdartiger Substanz ist in sehr verschiedener Mächtigkeit erfolgt; wir sehen dass auch der Kalkspath, ähnlich wie bei künstlichen Krystallen, über der gebildeten Spaltfläche weit mehr Substanz aufsetzt, als an den verbliebenen Scalenoëderflächen R^3; über ersterer ist wol eine 1.5 Mm. dicke Hülle $r \,.\, c \,.\, g$, über dem Sca-

lenoëder in derselben Zeit nur 1 Mm. dicke Neubildung aufgefügt, oder gar nur fetzenhafter Ueberzug. Auch ist der Bau der Hülle stets ein mangelhafter, wie es scheint ein beeilter oder übereilter, wol durchsichtig, aber gerundet, reich an Hohlformen und polyëdrischen Erhebungen welche oft schwierig zu deuten sind, Fig. 165.

Die Fortbildung der Krystalle nach eingetretener Störung ist so wichtig dass es wol erlaubt sein mag einige wenige Vorkommen noch zu besprechen.

In Fig. 152 ist ein Krystall von Geromany abgebildet, jetzt ∞R . — ½R. Der Kern weisst nach dass die Gestalt früher eine andere war; der Gipfel desselben zeichnet sich als — ½R . t in weisser Streifung ab, und zwar ersteres nur in wenigen, schmalen Linien, den früheren Furchen, letzteres aber durchaus weiss. Die frühere Gestaltung des mittleren Theils dieses Krystalls hat keine Spuren hinterlassen. Bei anderen Vorkommen, z. B. vom Harze, vom Erzgebirge hat sich über dem mittleren Theil von R^3 das Prisma ∞R . oR in gemeinsamer Hülle oder in Theilkrystallen ausgebildet, auf dem Gipfel aber ∞R . — ½R. (Milch. Trüb. Fig. 25. 26). Es sind offenbar die gesonderten Thätigkeitsrichtungen des Kalkspaths welche hier zum Ausdruck, zur Darlegung kommen, in der rhomboëdrischen Gestaltung des Gipfels, wie in der prismatischen der Mittelkanten, und auch in der prismatisch-rhomboëdrischen ∞R . — ½R oder ∞R . — ½R . oR. der Gesammthülle. Bei dem Erzgebirger Vorkommen überwiegt meist die prismatische Ausbildung, sie streckt den Krystall oft thurmartig, in Abtheilungen, in Stockwerken; (»Rhomb. u. Scal.« Fig. 1. 4) weit seltener wölbt sich eine Gruppe flacherer Scalenoëder über den Kern, mit *t . g .*, mit *u* und *c*; so die Hüllengruppen von Tharand, Fig. 89. 93. 104. Ueber den scalenoëdrischen Bau R^3 von Oberstein bauen sich Theilkrystalle auf welche zunächst der Mittelkanten das Prisma vorherschen lassen, über dem Krystallgipfel aber das gerundete *g . t*. Es hat sich die eine Hüllenbildung zum Theil mit der andern geeint, an anderer Stelle sind sie noch gesondert, Fig. 146.

Wie zunächst der Mittelkanten die vorherschende Thätigkeitsrichtung des Krystallbaus in der Endflächenrichtung oder in vorherschend tafelförmigen Vorbauten sich äussert, so noch weit mehr auffallend die rhomboëdrische an den Gipfelbauten. Sie tritt in scharf gesonderten Theilkrystallen über das Scalenoëder R^3, wie über das Prisma vor. (»Krystall u. Pfl.«, Fig. 9. »Rhomb. u. Scal.« Fig. 49.) Es sind dies die merkwürdigen Kappenbauten, welche sich gar nicht selten auf dem Scalenoëdergipfel vorfinden, von Oberstein, von Loben, aus dem Lavantthale, meist der Gestalt *g . c.* oder *g . t . c.* oder steilere gerundete Formen. Es zeigt sich darin ein Ueberwiegen der rhomboëdrischen Thätigkeitsrichtung, ein Zurückstehen der Endflächenrichtung, und der scalenoëdrischen Richtung. Wir können solche Bildungen durchaus den

Kappenquarzen zur Seite stellen. Auch bei diesen wächst der Krystall mit Bevorzugung und zwar einer horizontalen Richtung von dem Gipfel des Kernkrystalls aus. (Zwill. Bau des Quarzes in N. Jahrb. f. Min. 1864. p. 550. Fig. 47—49. 52.) Die Spaltungsverhältnisse beweisen dass bei den Hüllenbauten des Kalkspaths eine Zwillingsverwachsung in der Regel nicht stattfindet, auch ist genügender Grund nicht vorhanden dieselben als »älteren und jüngeren Kalkspath« zu scheiden; es ist gewiss derselbe Krystall welcher bei oder nach einer Störung seines Wachsthums seine Gestalt in verschiedener Weise ausbildet. Die Axenstellung bleibt dabei stets übereinstimmend, wenn nicht eine mehr oder weniger erkennbare Verzweigung oder Scheidung in Theilkrystalle im Fortwachsen sich ausbildet mit strahlenförmiger Abweichung der Hauptaxen. Dann erscheint auch die gemeinsame Spaltfläche, gekrümt, gefältelt, gebrochen oder geknickt, Fig. 129.

Wenn wir Uebergänge und Zusammenhang der verschiedenen Kalkspathtypen unter und in einander beobachten, so ist es doch zumeist das Scalenoëder welches in das Rhomboëder und in das Prisma übergeht, nicht umgekehrt. Das Prisma baut die Hülle meist wieder in prismatischem Gruppenbau, das stumpfere Rhomboëder in demselben Rhomboëder, vielleicht etwas flacher gewölbt, mit kurzem Prisma. Dürfen wir in dem Scalenoëder R^3 einen vollendeteren Bau betrachten, das prismatische und das rhomboëdrische Umhüllen und Fortbauen als das Rückfallen in weniger vollendeten Bau? Genügende Thatsachen fehlen uns noch zu dieser Annahme. Das Scalenoëder R^3, wenn es in gestörter Fortbildung eine Hülle herstellt, bildet diese nicht selten in einem steileren Scalenoëder, wie R^5 mit *g* oder mit *t* aus, es rundet sich über *u* oder wölbt auch ein glänzendes *c*. Auf R^5 treten Streifchen und Eckchen vor, welche auf einer mittleren, äusseren Hülle als $\infty R . \infty P2$ einglänzen. Es ist offenbar der gleiche Bau, an der Hülle des Gipfels das Scalenoëder vorherschend ausgebildet, an der Hülle der Mittelkanten aber das Prisma. Die sehr bemerkenswerthen Krystallhüllen von Andreasberg über violetten Kern $+R$, deren eine als Fig. 19 zu »Milchige Trübung« etwas mangelhaft dargestellt ist, zeigen uns gleichfalls die Entwickelung um die Mittelkanten als prismatische Tafelbildung, mannichfach begrenzt, z. Th. unbestimbar gerundet, Fig. 114, auf dem Krystallgipfel aber ein sehr flaches Scalenoëder nach der Endkantenrichtung hundertfältig ausgefranst, Fig. 147. Man könnte fast drei Bildungsweisen hier scheiden, den scalenoëdrischen Gipfel, die prismatische Tafelbildung und die dazwischen liegenden gerundeten Uebergangsformen. Auf allen dreien spiegeln und schimmern dieselben Flächen in Pünktchen und Streifen ein, *g*, *t*, *c* . $oR . R$ und ein steileres Scalenoëder, auf den grösseren Krystallen auch ein steileres negatives Rhomboëder etwa $-{}^3/_2R$, auf dessen rauhen

Erhebungen oR einschimmert. Kaum möchte hier eine einzige Fläche messbar sein, aber die glänzenden Pünktchen geben in ihrer Form, Rundung und Gruppirung ziemliche Gewissheit über ihre Bedeutung.

Wie im Harze so lassen sich wol auf jedem bedeutenderen Fundorte des Kalkspaths Uebergänge der verschiedenen Flächen und Gestalten in einander auffinden. Einer der bekanntesten ist Przibram, sorgfältig bearbeitet, die Vorkommen nach der Zeitfolge geschieden. Charakteristisch ist daselbst die manichfaltige und zierliche Gruppirung von *g*. Diese ist wesentlich eine verschiedene je nachdem sie in der Richtung der Seitenaxen erfolgt, oder aber nach einer gemeinsamen Hauptaxe. In ersterem Falle herscht stets das stumpfere Rhomboëder entschieden vor, in *t* übergehend, *c* in Pünktchen einschimmernd. Ganz anders bei Ueberkleidung eines scalenoëdrischen Kerns; in fragmentarisch zerstückten Theilkrystallen zeigt sich die Furchung *g* in allen Vertiefungen; von oben gesehen glaubt man das stumpfere Rhomboëder hersche vor, aber in horizontaler Richtung, von der Seite gesehen verschwindet dasselbe ganz in dem scalenoëdrischen Treppenbau. Bei rothbestäubten Krystallen beginnt die zierliche Ueberkleidung auf den Mittelkanten, auch auf den Polkanten drängen glänzende Erhebungen sich vor. An den keulenförmigen Gruppenbildungen von Przibram Fig. 97 ist nicht nur ein flacheres Scalenoëder hergestellt, auch steilere Scalenoëder neben +R und mR, fast alle Kanten und Flächen gerundet, die beiden Enden verschieden ausgebildet. Der dickere, ausgezackte Gipfel zeigt die rhomboëdrische Ausbildung vorherschend, aber aus den Furchen *g* einen scalenoëdrischen Kern geglättet vortreten; das dünnere prismatische Ende ist zugespitzt zu einem unmessbaren Scalenoëder.

Ein reicheres Material zum Studium des Hüllenbaus bot der Kalkspath aus den Tunnelbauten von Oberstein. Der Haupttypus desselben ist wol das Scalenoëder R^3, auf mancherlei Weise in der geregelten Ausbildung gestört, in Uebergängen zu R^5 und $\infty P2$. Bei grösseren Krystallen, z. Th. durch Harmotom überkrustet, war die Fortbildung ungleichmässig vor sich gegangen, die weisse Hülle über dem blassölgrünen, durchsichtigen Kern beträgt etwa ½ Mm. Dicke zunächst der Mittelkanten, 2 bis 4 Mm. aber in der Nähe des Gipfels. Der Krystall hat im Fortbauen hier ein steileres Scalenoëder R^5 oder y hergestellt. An anderen Krystallen ist die Hülle ziemlich übereinstimmend mit dem Kern. Auch bei diesem Vorkommen findet sich eine verschiedene Ausbildung der positiven und der negativen Polkanten, faustgrosse Krystalle haben eine dünne Chabasitkruste und Harmotom eingehüllt, der weisse Kern ist geschlossen auf der längeren, positiven Scalenoëderkante, er ist auf der kürzeren Kante zertheilt, in durchsichtigen, ungeregelten Flächen und Wulstenhäufungen ausgebildet, wie die mangelhaft ausgeführte

Fig. 21 von »Rhomb. u. Scalen.« es anscheinlich machen sollte. Die Durchsichtigkeit des Krystallkerns ist an sämmtlichen kürzeren Polkanten (auch bei Zwillingen parallel ∞R) und an *c* zu bemerken. Bei Krystallen welche durch rothbraune, staubartige Substanz überdeckt worden, geschah das Fortbauen auf den Scalenoëderflächen in gerundeten, spiessig gruppirten Büscheln, nach dem Krystallgipfel wie ausgefasert, Fig. 130. 131, die kürzere Scalenoëderkante gerundet, z. Th. treppig als *g* . *f*. zu bezeichnen, Fig. 126, gegen das gewölbte *c* zugespitzt. Auf der längeren Scalenoëderkante sind die Büschelgruppen gegen die Krystallspitze hin ausgefasert. Beachtenswerth sind die Formen in welchen die Ueberkleidung geschieht, Fig. 130a, es sind dieselben Gruppenbildungen wie sie auf der Fläche *f* uns entgegentreten, Fig. 1—15. Es werden auch Krystalle gefunden, prismatische, welche im Gipfel übergebaut mit *t*, Fig. 153; wahrscheinlich ist dabei der Vorgang ein ähnlicher gewesen wie in Fig. 146.

Zersprengte Krystalle. Eine andere Fortbildung eines gestörten Krystallbaus bemerken wir bei dem im Berge zersprengten, an Ort und Stelle geheilten oder ergänzten Kalkspath. Es ist ein gleicher Vorgang wie er auch beim Bergkrystall beobachtet werden kann. Beim Kalkspath ist derselbe kaum irgendwo so auffallend, als unter dem Vorkommen von Bleiberg. Eine langsam wirkende Gewalt hatte die Scalenoëder zerbrochen, die einzelnen Spaltstücke aus einander geschoben, zur Seite gerückt. So waren dieselben später wieder fortgebildet worden, zusammenwachsend oder die einzelnen Theile sich ergänzend zu selbständigen Gestalten. Es war bei diesem Vorgange stets die Fläche *t*, gerundet, gefurcht, im Uebergange zu *g* vorgetreten, ebenso das gewölbte *c* und parquetartig, in kleinen Theilbildungen *r* gerundet über *y* und *u*. Wenn diese Flächen fast nie fehlen, so machen sich zuweilen noch andere bemerklich wie — $^4/_5$R oder *φ*, und glänzende Streifchen von + 4R. Messbar sind unter diesen Flächen nur + 4R, schmale Streifchen — $^1/_2$R, dann — $^4/_5$R, endlich kleine Stückchen R^3.

Finden solche Nachbildungen auf nur einer Spaltfläche + R statt, so sind stets zwei über dieselbe wenig sich erhebende Scalenoëderflächen *t* an Grösse sehr überwiegend; die vier anderen ziehen schmal am Spaltungsrande zu R^3 hin, treten wol auch über dies R^3 vor vermittelst *u* . *c*. Ist ein dreiflächiges, einspringendes Eck ausgebrochen worden, so müssen die Ergänzungen auf den drei Spaltflächen beim Fortwachsen zusammenstossen, entweder Contactflächen bilden, oder als einziges Individuum verwachsen. Bei einer grossen Anzahl solcher in Ergänzung begriffenen Krystalle ist stets das letztere erfolgt. Es drängen sich die gerundeten Parquetformen *t* . *g* . R^3; die Fläche R^3 wächst mehr und mehr an, auf dem durchsichtigen Gipfel ist nur noch eine einzige Gestalt *t* . *g* und etwa eine schmale, schief begrenzte *φ* übrig, Fig. 149. 164. 165.

In Pogg. Ann. 111. (187.) pag. 1: Frankenheim »Ueber die Entstehung und das Wachsen der Krystalle« ist versucht worden das raschere Wachsen des Krystalls an beschädigten Stellen zu erklären: jeder Bruch bestehe aus einem Aggregat mikroscopischer Ebenen, auch der muschlige Bruch habe Facetten welche den Spaltungsflächen parallel seien, habe ein- und ausspringende Winkel. In den einspringenden Winkeln würden die Stofftheilchen von mehreren Seiten angezogen, lagerten sich rascher ab, der Krystall wüchse also schneller daselbst. Auch diese Deutung reicht nur bis zum Zuwachsen und Ausgleichen, dann stehen wir wieder rathlos wenn wir sehen wie der verstümmelte Krystall sich über die geebnete Fläche erhebt, in bestimmten Flächen und Gestaltungen, wie die Flächen sich ändern und in andere übergehen wie der Krystall sich frische, durchsichtige Hüllen und Kappen aufsetzt. v. Hauer »Krystallogenetische Beobachtungen« in Sitzungsbericht. 39. 1860 scheidet bei der Ergänzung der Krystalle ein Ausgleichen der Unebenheiten, eine planirende Thätigkeit der Krystalle und eine regenerirende Thätigkeit derselben. Das Resultat einer Thätigkeit sehen wir, wir können dieselbe aber noch nicht deuten oder erklären.

Der ältere Rest des Kalkspaths ist von dem jüngeren durchsichtigen Neubau stets sehr wol zu unterscheiden. Den Uebergang bildet stets das gewölbte, in einem positiven und negativen Theile bestimmt charakterisirte *c*, zum Theil in Gesellschaft mit *u*. Das Fortwachsen des Krystalls auf den älteren Flächentheilen ist ein sehr geringes, eine drusige Häufung von Theilformen R^3, deren Rand mit *t* einschimmert und mit *c*, Fig. 157. Gelangt die Neubildung in gleiche Ebene mit dem älteren Theile so schwinden die Secundärflächen, nur R^3 wird ausgebildet.

Ist die Fortbildung nicht auf einer Spaltfläche R, sondern in der Richtung der Hauptaxe erfolgt, sei es auf einem breiten Gipfel eines überdeckten Scalenoëders, sei es auf abgebrochenen Kalkstückchen, so wird der Neubau vorherschend prismatisch sich gestalten, mit dem gewölbten *c*, mit $+4R$ in Treppenbildung, mit $+R$ als glänzender Streifen zwischen R^3 und $-\frac{1}{2}R$.

Auch das Isländer Vorkommen verdient hier besprochen zu werden. Die zahlreichen Spaltflächen nach $+R$ und auch nach $-\frac{1}{2}R$, matt und trübe, deuten auf Verschiebungen welche im Berge selbst stattgefunden; um die aufgelagerten Desminkrystalle hat ein Fortwachsen des Kalkspaths, eine Hülle sich gebildet, lang erstreckte Wulste, treppig begrenzt durch das mattere $+R$ das glänzende $+4R$ oder auch $+10R$, welchem ein etwas gerundetes Scalenoëder $-4R^{5/3}$ anliegt. Endlich zeigt die häufig eingeschlossene, oder in Hohlräumen vorhandene braune, pulverige Substanz, verbunden mit der krystallinischen Ausbildung dieser hohlen Räume, dass auch bei diesem Vorkommen ein Fortwachsen statt gefunden nach Ent-

fernung eines früher störenden Gegenstandes, vielleicht eines Bestandtheiles des umgebenden Gesteins. Des Cloiseaux, Manuel II p. 107 bemerkt dass manche Flächen des Isländer Spaths den Zustand böten wie der Quarz von Guttannen, mit einer Unzahl kleiner polyëdrischer Auswüchse bedeckt. Dieser Vergleich ist vollkommen richtig; es ist auch hier kein Anätzen, sondern ein Nachbilden, Ergänzen des vorher gehemten Baues. Die dabei auftretenden Flächen und Formen sind von Hessenberg, Min. Not. VII. 1—4. Fig. 7—9 und XI. p. 9. Fig. 6. 7. 19. 20 dargestellt und beschrieben. Vergl. auch Des Cloiseaux, Manuel cit. Fig. 268. Hessenberg hat dies Vorkommen zwar als Urbild einer ungestörten Krystallisation aufgefasst, allein bei weitem die meisten der ausgebildeten Flächen desselben machen dies sehr zweifelhaft. Es hat eine Fortbildung stattgefunden, deren Endresultat noch ungeregelt ist. Die Armuth von Zonenverwandschaften, die Täuschungen in Betreff derselben, der »erstaunliche Grad von Verzerrung« sind wol alle auf unvollendeten Bau zu beziehen. Die Fläche $-4R^{5/3}$ welche für dies Vorkommen charakteristisch ist, scheint eine richtige Uebergangsfläche zu sein; sie ist wol meist eben, aber es finden sich darauf zahllose Vertiefungen in welchen $+10R . +4R . R^3$ einglänzen, auch wulstförmige Erhöhungen spiessiger Bündel, ebenfalls mit gerundetem 10R, und mit 4R; und dieses +4R wieder spitzt sich seitlich aus, gruppirt sich zu unvollendeten Flächen R^3. Fig. 155. 160. Es ist äusserst schwierig solche Flächengruppen im Bilde darzustellen, weil bei den meist gerundeten oder gewundenen Flächen und den einspringenden Hohlräumen die Angabe von Licht und Schatten dazu nöthig wäre, und Aufnahme nach verschiedenen Richtungen. Das Studium derselben ist aber sehr interessant. Bei solchen Nachbildungen finden sich auch im Innern die hohlen Canäle, welche von G. Rose krystallographisch so trefflich bestimt worden sind; ebenso äusserlich die scharfen Einschnitte nach +R, welche wol als Zerfressungsresultate bezeichnet worden, hier aber bei dem durchaus frischen Neubau nothwendig in anderer Weise zu erklären sind; daneben ganz ähnliche Einschnitte nach $-\frac{1}{2}R$, endlich die mancherlei, diesem Vorkommen eigenthümlichen Flächen, in bestimtem Treppenwechsel, dreifach zu der Hohlform oder in der Vertiefung in Flächengruppen zusammentretend, Fig. 166. Als solche Gruppen sind besonders hervorzuheben $+\frac{2}{5}R^2 . g . +R . +4R$, dann auch $+10R$ mit c, $-4R^{5/3} . -\frac{7}{3}R^{5/3}$ und R^3. Die Fläche +R findet sich — abgesehen von den Spaltflächen — beim Isländer Spath stets nur sehr untergeordnet. Der Typus dieses Vorkommens ist wohl das Scalenoëder R^3, wenn es auch nur als grosse Seltenheit im Handel unverletzt vorkommt. In den Hohlräumen findet sich stets die eine oder aber die andere der vorstehend bezeichneten Gruppen vorherschend (vielleicht dem Krystallgipfel oder der Krystallmitte entsprechend), wol auch in der Weise, dass drei Treppen-

bauten R.4R die Tiefe derselben bilden, sich daselbst verschränken, darum weiterhin drei Flächengruppen der zweiten Art sich reihen. Es erinnert dies Vorkommen sehr an die Quarze von Tavätsch, an welchen in ähnlicher Weise eine Ergänzung der Krystalle mittelst dreifacher Gruppenhäufung bestimter Flächen zu finden. (Quarz II p. 24. 25. Fig. 32.) Die Aufgabe welche dort der Fläche 2P2 überwiesen scheint, würde beim Kalkspathe der Thätigkeit in +4R ziemlich entsprechen.

Ueberall ist hier der Uebergang einer Fläche in eine andere zu verfolgen. Die Fläche 10R ist nicht gleichmässig ausgebildet, meist flach erhoben, polyëdrisch gebrochen, die eine Seite glänzend, etwas gewölbt, die andere streifig gerundet. Die Grenze nach *c* ist in der Regel so wenig bestimt, wie diejenige von *c* nach $-{}^{7}/_{3}R^{5}/_{3}$. Dieses wieder ist stets rauh, auf den kleinen polyëdrischen Erhebungen mit $-4R^{5}/_{3}$ einschimmernd. Ebenso sind auch Uebergänge aufzufinden aus 10R nach 4R; dieses 4R wechselt im Treppenbau glänzend mit dem matten oder rauhen +R, und glänzt an allen streifigen Wulsten des anliegenden Scalenoëders R^3, Fig. 155. 163. Dies Scalenoëder wieder zieht z. Th. schmal dem rhomboëdrischen Treppenbau entlang, unvollendet als *r*, concav, übergehend einerseits in rauhe Stellen R^2, andererseits in die Rundung $R^5 = y$. Wo beim Isländer Kalkspath der braune Staub eingeschlossen sich findet, ist auch die Flächengruppirung, die Treppenbildung, die Verzerrung, die unsymmetrische Ausbildung zu bemerken. Die scharfen Einschnitte welche die langerstreckten Wulstbildungen auf R^3 quer durchschneiden, ziehen parallel einer Spaltfläche R, enden wo die höher aufgebauten Wulste oder polyëdrischen Erhebungen in die geebnete Fläche R^3 übergehen; sie sind Resultate einer mangelhaften Erfüllung und Fügung des Neubaus, wie die schaumige, fransenartige Umrandung des Tafelbaus aus dem Maderanerthale und von Andreasberg; (s. Einfluss des Zwill. Baus auf die Gestaltung des Kalkspaths in N. Jahrb. f. Min. 1870. p. 546. Fig. 5). Die schmalen Vertiefungen sind z. Th. oben auf der Krystallfläche R^3 zugewachsen, die Fläche geebnet, die Vertiefung als Hohlraum ganz umschlossen, nur im Krystallinnern als Röhre noch sichtbar, durch zwei parallele Flächen +R gebildet.

Uebergangsgestalten. Wir haben versucht hier eine Reihe von Thatsachen zusammenzustellen, welche es wahrscheinlich machen, dass bei dem Kalkspath den verschiedenen Typen die gleiche Anlage zu Grunde liege, dass dieselben auch durch manichfaltigste Uebergänge verbunden seien. Wenn auch vielleicht dem Scalenoëder R^3 die höchste Vollendung des Kalkspathbaues überhaupt zuerkannt werden muss, so zeigen doch auch rhomboëdrische Gestalten und das Prisma, selbst Tafelformen nach oR vollendeten Bau. Wir suchen vergeblich nach einer Grundform von welcher die Gestaltung des Kalkspaths ausgehen könnte; ob

ein negatives, ob ein positives Rhomboëder dies sei; ob — $^1/_2$ R, ob +4R, oder gar ob +R. Nicht die geringste Wahrscheinlichkeit vermag aufgefunden zu werden, dass der Kalkspath aus Theilchen der Gestalt +R sich erbaue; aus Hohlräumchen dieser Fläche glänzt — $^1/_2$ R vor. Der positive, wie der negative Rhomboëderbau muss in der Anlage eines jeden Kalkspaths vorhanden sein. Der eine oder der andere tritt bei der durch äussere Verhältnisse bedingten Entwickelung des Krystallbaus vor. Ebenso wenig wie beim Rhomboëder kann beim prismatischen Bau eine Grundform aufgefunden werden: Bei Störungen tritt auf oR das negative Rhomboëder vor, oder es zertheilt sich das Prisma in viele rhomboëdrisch-scalenoëdrische Spitzen, auf der Seitenkante erscheint in Treppenbildung das Scalenoëder, an den Prismenflächen +4R und das gerundete *f*. Beim Scalenoëder endlich ist die Manichfaltigkeit der Wandelungen eine noch weit bedeutendere. Es tritt in der Richtung der Hauptaxe, also am oberen Ende des Scalenoëders der Rhomboëderbau vor, im Uebergang zum oberen Scalenoëder, also *g*:*t*; in der Richtung der Nebenaxen aber das gerundete *c* mit den verwandten Flächen. Nirgends findet sich bei gestörtem Krystallbau eine unterbrochene Reihe gleichgestellter Molecüle, stets der Uebergang zu andern Flächen, die Rundung, selbst die gewundene Bildung.

Wie wir vergeblich suchen nach Grundgestalten des Kalkspaths, so auch nach den Flächen eines beginnenden Krystallbaus. In der Adelsberger Grotte, in Wiesloch findet man lockere, blumige oder knospige Gestalten, wie körnig gruppirt, an welchen stets +R und +4R zuerst geebnet sind, während —mR streifig, matt, gerundet ist oder auch ganz fehlt. An stalaktitischen Krystallen von Bellamar sind die positiven Rhomboëder glatt und eben, die negativen eingebrochen, uneben, unfertig, scalenoëdrischer Bau nur durch breite *u* repräsentirt. Dagegen ist an blumenblättrigen Gruppenbildungen von Przibram vorzugsweise das negative Rhomboëder *g* zu finden, mit wohlausgebildeten Endkanten. Stalagmitenähnliche, gerundete Gestalten von Matlock, von Dufton, von Cimiés scheinen als negative Rhomboëder aufzutreten, doch die kleinen, glänzend geebneten Flächen sind +R und +4R. An gerundeten Gruppen auf Bergleder von Traversella erglänzen ringsum unzählige gewölbte *c*, aber an den Enden der Hauptaxe ist der Gipfel als — $^1/_2$R ausgebildet, Fig. 60.

Wir müssen uns vorerst noch an Thatsachen halten, dürfen nicht eine Hypothese durch eine andere zu verdrängen suchen. Thatsachen welche darlegen dass eine Fläche in eine andere übergeht, finden wir vorerst nur in der Rundung, dem Mangel einer bestimten Gränze, dem Einglänzen vorragender Theile mit einer Nachbarfläche, der verschiedenen Ausbildung grösserer und kleinerer Krystalle an demselben Handstücke. Auf gestörten Krystallen von Andreasberg wiederholen sich im Treppenbau kleine Flächen R$^5/_3$ und gewölbte *c* auf der

längeren Scalenoëderkante R^3. Wir sind wol berechtigt daraus zu schliessen dass mit grösserer Vollendung des Krystallbaus diese Flächen schwinden würden, und zwar im Uebergang zur Gestalt R^3, welche die Polkanten auszugleichen und herzustellen suchen muss. Bei dem gerundeten Treppenbau $R^3 . R^5 . \infty P2$ sind wir wol ebenso berechtigt in R^3 die Vollendung des Krystallbaus zu sehen.

In andern Fällen können wir nicht mit derselben Bestimtheit vorgehen. Ueber dem Gipfel röthlicher Kernkrystalle $+R$ von Andreasberg haben sich graue, flach erhobene Scalenoëderhüllen gebildet, von den Mittelkanten aus ist die überkleidende Hülle in Wulsten und zart ausgefransten Streifen vorgewachsen als oR, rauh, *f* desgleichen, eingefasst von glänzender, aber gerundeter Scalenoëderbildung, Fig. 114. 147. Wir sehen bei solchen, krystallographisch unbestimbaren Gestalten, die verschiedenen Typen des Kalkspaths auf's manichfaltigste in einander greifen, die eine aus der anderen vortretend, es sind aber keine Zeichen geboten nach welchen wir mit einigem Grund zu schliessen vermöchten, welche Krystallgestalt aus solchen Unregelmässigkeiten sich herausbilden werde. Aehnliche Uebergänge finden wir an Gruppenkrystallen vom Münsterthale, gerundete Hüllen über weissem Kerne. Nicht einmal von dem Hauptrhomboëder $+R$ können wir im Allgemeinen mit Sicherheit sagen, ob es in der äusseren Gestaltung der Krystalle eine Uebergangsbildung sei, und zu welchem Resultate es in diesem Falle hinleite. Wir finden es in glänzenden Pünktchen und Streifen an Ueberkleidungen und Ergänzungen z. B. von Bleiberg; andererseits aber als rauhe Fläche, an deren conischen Erhebungen das Scalenoëder R^3 einglänzt; so im Münsterthal, in Auerbach, auf Island. Der Glanz einer Fläche gibt an und für sich keinen Nachweis für die Vollendung derselben; die meisten der gerundeten negativen Rhomboëder- und Scalenoëderflächen sind glänzend; auch bei dem stets mangelhaften Bau der Treppenbildung fehlt es fast nie an glänzenden Flächen. Von der Oberfläche des stalaktitischen Kalkspaths von Bellamar wird »fast perlmutterartiger Glanz« erwähnt (vom Rath, M. M. Forts. 5. p. 531).

Spaltbarkeit und Bruch. Bei den Krystallhüllen ist die Absonderung im Innern, die Spaltbarkeit, stets eine gleichgerichtete mit dem Krystallkerne, und stets eine gleiche für die verschiedensten Kalkspathtypen. (Credner, Kalkspath von Andreasberg, in Zeitschr. d. D. geol. Ges. 17. p. 224.) Es muss demnach die Fortbildung, die Entwickelung aus dem Krystallkern in Betreff ihrer Absonderungsfähigkeit die gleiche geblieben sein, auch bei veränderter äusserer Gestaltung. Allein die Leichtigkeit der Absonderung in dieser oder in jener Richtung mag sehr wohl eine Veränderung erfahren haben; es bietet dabei das Innere des Krystalls einen Maasstab für die Vollendung der verschiedenen Typen.

Es zeigen sich bekanntlich bei dem Kalkspathe drei bestimte Richtungen der Spaltbarkeit oder der ebenen Absonderung: nach + R, nach — ½R und nach oR. Wie die natürliche, die äussere Fläche + R als Resultat der Kreuzung zweier Thätigkeitsrichtungen des Kalkspaths angesehen werden kann, oder wie dieselbe in der Kreuzung zweier Zonen liegt, in ähnlicher Weise ist wol auch die Spaltbarkeit nach + R durch den ganzen Krystall aufzufassen. Spaltbarkeit nach oR tritt nur auf wo die Thätigkeitsrichtung parallel der Endfläche eine vorherschende ist, die anderen Thätigkeitsrichtungen zurücktreten; in solchen mangelhaften Bauten sind kleine Hohlräumchen, nach oR geordnet, im Innern zu bemerken, eine lockere Tafel- oder Lamellenbildung in dieser Richtung. Die Spaltbarkeit nach + R ist aber nicht gänzlich aufgehoben, diese wechselt vielmehr nicht selten in Treppenbildung oR . + R. Die weisse, milchige Trübung kommt diesem tafelig nach oR erstreckten, mangelhaften Bau vorzugsweise zu.

Die Absonderung nach — ½R beruht wol ebenfalls auf einer mangelhaften Ausführung des Krystallbaus. Sie ist bereits in dem Aufsatz »über den Einfluss des Zwill. Baus auf die Gestaltung der Krystalle des Kalkspaths« (N. Jahrb. f. Min. 1870) p. 544 besprochen. An rauhen Flächen + R vom Harze tritt in den Vertiefungen und Rundungen *g* auf, mit *t* . oR, zum Theil auch mit einem steileren Scalenoëder. Das Hauptrhomboëder erscheint dabei als unvollendetes Resultat der bauenden Thätigkeit. In ähnlicher Weise finden sich auf Fortbildungen über Sp. R anscheinend regellose Streifen und Erhöhungen auf welchen + R nur stellenweise, oder in Pünktchen geebnet und glänzend ist; und auch bei der Spaltfläche nach — ½R, bei lockerem Bau, z. B. von Wiesloch oder aus der Adelsberger Grotte, ist die Absonderung nicht eben, sie ist gebrochen, gebogen, blättrig ausgerissen oder gar gekörnt. An durchsichtigen Tafeln vom Maderanerthale glänzen z. Th. solche blättrig ausgerissene Spaltflächen einerseits nach + R andererseits nach — ½R ein, es hat sich nach beiden Absonderungsflächen ein Treppenwechsel eingestellt, einer Zwillingsbildung ähnlich.

Der muschlige Bruch findet sich beim Kalkspathe nicht so selten als man gewönlich glaubt. An ungefähr 60 grösseren und kleineren Stücken des Isländer Kalkspaths sind nicht weniger als 24 bestimt ausgeprägte Bruchflächen, glasig glänzend, zu zählen, darunter eine an ausgebildeter Gestalt R^3. Entweder sind sie breit über das ganze Spaltstück erstreckt, oder sie runden nur ein Eck, oder sie treten auf der Zwillingsfügung ein. Ob der muschlige Bruch an und für sich eine höhere Vollendung des Kalkspathbaues anzeige, das ist kaum zu bestimmen, da stets die gewönliche Absonderung nach + R daneben auftritt. Es ist in kleinen Stellen an demselben auch + 10R zu bemerken, und + 4R in schmalen Streifchen neben + R. Die muschligen Stellen selbst bieten Verschiedenheit dar, zackige Blätterung nach — ½R, blättriges Zer-

reissen, spiessige Gruppirung gleichmässig geordnet, flach oder tiefer ausgerundet, dreiseitige Hohlformen gleichmässig gestaltet, auf muschlig gerundeter Treppenbildung flache Erhöhungen gereiht, rauh, gerippt durch aufragende Gipfelchen, oder auch uneben beim schönsten Glasglanze. Wie der muschlige Bruch nicht selten beim Isländer Kalkspath sich findet, so aber auch die Absonderung nach — $\frac{1}{2}$R; sie ist z. Th. so glänzend wie Sp. R, welche in Treppenbildung darauf vortritt, oder auch furchenartig ausgerissen ist. (s. Einfluss d. Zwill. Baus cit. Fig. 4).

Der muschlige Bruch ist nicht auf die vollendeteren Bildungen des Kalkspaths beschränkt, er findet sich auch bei Bildungen welche wir wol nicht mit Unrecht als eine mangelhaftere bezeichnen dürfen, so an den stalaktitischen Röhren von Bellamar, freilich nur in kleinen Stellen; dann auch an blumigen Bildungen von Sinzheim, an den bräunlichen, gedrängten Krystallen der Gestalt *f* von Bürgel bei Offenbach, ja selbst an der Maderaner Tafelbildung; weiter an verzerrten Scalenoëdern vom Harze, von Rauschenberg, von Oberstein, und an Gruppenbauten vom Münsterthale. Es ist dabei oft schwierig zu scheiden ob krummschaliger Bau vorliege, bewirkt durch das Zusammenwachsen verschieden gerichteter Kryställchen, (Rhomb. u. Scal. Fig. 24. 25. u. p. 19. vergl. vom Rath, Min. M. 5. p. 537, Elba) oder aber ob in einem einzelnen Individuum krummschalige Absonderung auftritt. In Scalenoëdern von Auerbach ist durch aufgewachsene und umhüllte Substanz ein braunrother Streifen im Innern gebildet, das Fortwachsen muss eine gestörte Bildung gewesen sein, denn die Spaltfläche ist gefältelt, die Falten etwa rechtwinklig auf R^3 und auf R stehend, Fig. 129. So auch an Hüllenkrystallen vom Plauenschen Grunde, von Bleiberg, von Matlock, Schneeberg, Arendal, Rossie, Schemnitz u. a. m. Die Maderanertafeln spalten meist eben wo sie durchsichtig grau sind, krummschalig aber und gefältelt wo sie weiss, undurchsichtig, trübe sind.

So zeigt auch die Art und Weise der Absonderung dass nicht eine besondere für diesen oder für jenen Typus sei, dass aber mangelhafter Bau des Krystalls darauf einwirken könne; sie bestätigt dass ein gleiches Gesetz den verschiedenen Bauweisen des Kalkspaths zu Grunde liege, dass aber in der Entwickelung des Baus mehr die rhomboëdrische, oder die prismatische, oder die scalenoëdrische Gestaltung zum Ausdruck gelange.

Der Aragonit. Stets bestrebt alles Hypothetische möglichst wegzulassen aus dieser Arbeit, ist es kaum gelungen bestimte Thatsachen über den Bau des Aragonites aufzufinden. Dazu kommt dass die ausgezeichnetsten Forscher bereits über diesen Gegenstand das Ergebniss ihrer Studien vorgelegt haben. So möge es nur vergönnt sein einige Punkte hervorzuheben, in welchen der Aragonit mit dem Kalkspathe nicht übereinstimt.

Wenn wir beim Kalkspathe Spuren und Andeutungen verschiedener Thätigkeitsrichtungen, deren wenigstens drei bemerkt haben, so ist uns dieses beim Aragonit keineswegs in gleicher Weise gelungen. Es scheint nur die scalenoëdrische vorhanden zu sein. Mit dem scalenoëdrischen Bau des Kalkspaths, welcher wahrscheinlich selbst wieder das Resultat eines verschiedenen Zusammenwirkens ist, stimmt der Aragonit, nicht nur in den fortbildenden, polyëdrischen Erhöhungen, sondern auch in der Gitterung und den zahlreich zurückgebliebenen Hohlräumchen überein. (Ueber die Bildungsweise des Aragonits in N. Jahrb. f. Min. 1860. Taf. I. Fig. 1. 4. 8. 9. 11. 12. 16.) Die gerundeten, spiessigen, polyëdrischen Erhebungen kreuzen sich in der Flächenmitte, in der Richtung der Hauptaxe zeigt sich bei wasserhellen pyramidalen Aragoniten eine milchige Trübung, und bei sehr vielen Krystallen auch eine grosse Zahl gleichgebildeter Vertiefungen. Vergl. Fig. 161. 162 und 117. 120. 121.

Der Aragonit bietet weit weniger Flächenzonen als der Kalkspath, und eine geringere Manichfaltigkeit in der Kreuzung derselben. Ueber die Spaltbarkeit der aragonitischen Krystallisation sind bereits in Volger, Aragonit und Kalzit p. 21 beachtenswerthe Beobachtungen niedergelegt; nicht nur ist die Darstellung einer Spaltfläche »stets sehr schwierig,« der Grad der Spaltbarkeit wechselt auch bei verschiedenen Individuen und nach verschiedenen Ebenen. Es hat die Spaltbarkeit des Aragonits »mehr den Charakter einer Zusammensetzung lamellärer Individuen.« Weitere Beobachtungen über Spaltbarkeit des Aragonits sind in dem cit. Aufsatze N. Jahrb. f. Min. 1860 p. 20 zu finden.*)

Auch der muschlige Bruch des Aragonits ist weit mangelhafter als derjenige des Kalkspaths, zeigt meist nur unebenes Zerreissen, seltener geschwungene, glänzende Flächen.

Sehr verschieden ist die Zwillingsbildung beim Kalkspathe und beim Aragonit. Sie ist bei letzterem so häufig wie beim Albite, und wie bei diesem ist es fraglich, ob nicht auch in der Art der aragonitischen Zwillingsbildung eine Mangelhaftigkeit des krystallinischen Baus sich offenbare, eine Theilung oder Abänderung der Thätigkeitsrichtungen mehr, als ein Zusammenwachsen verschiedener Individuen. Für eine mangelhaftere Bildung des Aragonits finden sich, wenigstens bei den spiessigen Gestalten, Anzeichen aller Art. Solche Aragonite, selbst die glänzenden und durchsichtigen, haben sich der Krystallographie noch nicht gefügt, meist sind nur die Gipfelflächen eben und messbar. Hat sich eine fremdartige Substanz über solche

*) Es wären in diesem Aufsatze verschiedene Fehler zu berichtigen:

pag. 6 Zeile 15 von unten lies: und P∞ statt oder.
» 9 » 6 » oben » Flächen ∞P statt Fläche oP.
» 20 » 4 » » » rhombisch statt rhomboëdrisch.
8 » » » Domenflächen statt Rhomboëderflächen.

Krystalle z. B. von Cleator Moor, Cumberland, gelagert, so ist auch die Ueberkleidung eine sehr ungeregelte, allein es sind schliesslich dieselben Formen welche in der Hülle sich ausbilden, es tritt keine Abänderung ein wie beim Kalkspath, keine Verschiedenheit der Gestalt von Kern und Hülle.

Noch eine Thatsache sei hier angedeutet, wenn sie auch nicht auf eigenen Beobachtungen beruht. Ueber das Vorkommen des Aragonits bemerkt Herr Ferd. Seeland, ein praktischer Bergbeamter, es finde sich derselbe meist im Erz, an oberen Stellen der Berge; auch der scalenoëdrische Kalkspath finde sich nur in höchst verwitterten Erzen, Blauerzen, an den höchsten Bergspitzen, oder zu Tage. Der rhomboëdrische Kalkspath — 2R komme vor im Erz, im mittleren Horizont, endlich — $\frac{1}{2}$R gehäuft zu rhomboëdrischer Eisenblüthe, hangend wie liegend, im Nebengestein. (Vergl. Jahrb. des naturhist. Landesmus. v. Kärnthen 1852—71. VII. 163; auch: Senft, Die krystallinischen Felsgemengtheile, 1868.) Das Zusammenvorkommen des Aragonits mit dem scalenoëdrischen Kalkspath bleibt beachtungswerth, wenn auch in dem Vorkommen eines Minerals an und für sich nicht die geringste Erklärung seiner Bildungsweise liegt.

Wie in der jüngsten Arbeit über den Quarz so war auch hier versucht worden aus der Fortbildung des Kalkspaths, und aus den dabei vortretenden Aeusserungen einer Thätigkeit, auf die Bildung, den Bau selbst Folgerungen zu ziehen. Nicht Uebergangs*flächen* allein waren dabei zu beachten, sondern Uebergangs*gestalten* waren in ihrem inneren Zusammenhang zu verfolgen. Von Hypothesen, namentlich von der Molecular- und Adhäsionstheorie möglichst absehend, musste auf die formlose Gestalt zurückgegangen, eine Entwickelung von Flächen aus derselben aufgesucht werden.

Auch beim Kalkspath sind es bestimmte Flächen welche aus der Formlosigkeit und aus stalaktitischer Bildung zuerst sich ebenen und glätten; negative Rhomboëder, dann + R und + 4 R.

Die Fügung des Krystallbaus prägt sich verschieden aus, auf den verschiedenen Flächen desselben; und zwar bei unregelmässigem, unvollendetem Bau in den vortretenden Erhebungen, Eckchen, Furchen, in paralleler Treppenbildung, und kreuzweiser Gitterung.

Den Erhebungen entsprechen Vertiefungen, mehr oder weniger bestimt gestaltete Hohlformen. Gitterung kann ebensowol durch ein ungeregeltes Vordrängen, wie auch durch Zurückbleiben der Flächenbildung, bei verschieden gerichteter Thätigkeit des Krystallbaus veranlasst sein; die so entstandenen, parquetartig sich wiederholenden Zeichnungen sind von angeätzten Stellen sehr leicht zu scheiden.

Das steilere, negative Rhomboëder $-2R = f$ ist meist an blumigen Gruppenbauten, mit seitlichem, zwillingsartigem Abzweigen, als die zuerst erkennbare Fläche aufzufinden.

Die charakteristischen Kennzeichen dieser Fläche sind spiessige oder gerundete Erhebungen gegen die Flächenmitte gerichtet, diese aufblähend; desgleichen schmale, nach der schiefen Diagonale gerichtete Vertiefungen oder Hohlräumchen, oder denselben entsprechend eine Ausfaserung des Krystallgipfels, eine Auszackung der Polkanten.

Die Vertiefungen sind dreiseitig bei rhomboëdrischem und scalenoëdrischem Bau, vierseitig und mehrseitig, horizontal erstreckt bei vorherschendem Tafelbau.

Die Fläche $-\frac{1}{2}R$, die beim Kalkspath am häufigsten vorkommende Fläche, ist meist mangelhaft gebildet; nach der schiefen Diagonale fast immer gefurcht ist sie zunächst des Gipfels oft besser geebnet, fällt ab in steilere Rhomboëder, rundet sich in horizontaler Richtung nach den oberen Scalenoëdern.

Die Furchenbildung der oberen Scalenoëder stimmt mit derjenigen des stumpferen Rhomboëders in ihren Kennzeichen und Richtung überein; beide Flächen können linsenförmig in einander übergehen.

Die Rundung der Flächen ebenso wie der Kanten ist ein Zeichen mangelhafter, unvollendeter Bildung, selbst bei glänzenden, durchsichtigen Krystallen.

Die polyëdrischen Erhebungen auf dem ersten Prisma sind dreiseitige, in ihrer Erstreckung stets mit dem Habitus der Gesammtfläche übereinstimmend, die Spitze gegen eine negative Kante der Endfläche $0R$ gerichtet.

Dieses Prisma ist in Combination mit Scalenoëdern meist convex gerundet als c, in zwei Hälften geschieden, deren eine als Uebergang zu den negativen, die andere zu den positiven Rhomboëdern erscheint; die negative Hälfte breiter, glänzend gewölbt als $-mR$, scalenoidisch in zwei Flächen abfallend, die positive Hälfte schärfer und feiner gefurcht nach der Hauptaxenrichtung, in den Kennzeichen sonst mit $+4R$ übereinstimmend.

In Combination mit dem Rhomboëder $-\frac{1}{2}R$ erscheint die polyëdrische Erhebung auf c anders gestaltet, der Gipfel der Erhebung in der Richtung der Hauptaxe verschoben.

Von den positiven Rhomboëdern sind besonders $+4R$ und $+R$ zu beachten. Jenes glänzend geebnet, mit unter den ersten Flächen auftretend zeigt bei ungeregeltem Bau die Gitterung; es bildet mancherlei Uebergänge zu R^3, an wulstigen Ueberbauten ebenso wie in den, nach der schiefen Diagonale gerichteten Hohlräumchen.

Die Fläche $+R$ in zahlreichen Erhebungen eine Gitterung auszeichnend, ist das Resultat einer in verschiedenen Richtungen bauenden Thätigkeit des Krystalls, kein Typus

desselben, die Stelle der beiden sich kreuzenden Hauptzonen, der rhomboëdrischen und der scalenoëdrischen.

Unter den positiven, steileren Scalenoëdern nimmt R^3 die bedeutendste Stelle ein, während andere wie $R^5 . R^2$ deutliche Spuren von Uebergangsflächen an sich tragen. Die Erhebungen auf diesen Scalenoëderflächen sind spiessige Gruppen nach der Flächenmitte gerichtet, z. Th. mit Gitterung.

Die längere, positive Polkante ist in anderer Weise ausgebildet als die kürzere, negative.

Wie das erste Prisma ∞R als Uebergang gefunden wird zwischen dem positiven und dem negativen Rhomboëder, so das zweite, $\infty P2$, im Zusammenhang mit einem Scalenoëder rechts oben und links unten oder umgekehrt. Rundung und Treppenbau in der scalenoëdrischen Hauptaxenrichtung ist dieser Fläche $\infty P2$ charakteristisch. Bei mangelhafter Krystallbildung herscht sie oft vor. Scharfe Einschnitte welche bei der Fortbildung auf R^3 bemerkt werden, kreuzen auch den Treppenbau von $\infty P2$.

Die negativen Scalenoëder, meist gerundet, seltener eben und glänzend, scheinen sämmtlich Uebergangsflächen zu sein. Die Pyramide, bemerkenswerth wegen der Unvollzähligkeit der Flächen und des unsymmetrischen Auftretens schliesst sich denselben an.

Die Endfläche oR scheidet in ihren Erhebungen je drei positive und drei negative Theile ab; oft macht sich in der Mitte derselben ein scalenoëdrischer Kern bemerklich.

Die mancherlei Erhebungen und Vertiefungen auf den verschiedenen Flächen des Kalkspaths deuten an dass derselbe bei der Herstellung seiner Gestalt in verschiedenen Richtungen thätig ist, als welche hervorgehoben wurden die rhomboëdrische, die scalenoëdrische und die horizontale oder Endflächenrichtung.

Die rhomboëdrische scheint am entschiedensten vorzutreten in der Furchung des stumpferen Rhomboëders und der oberen Scalenoëder.

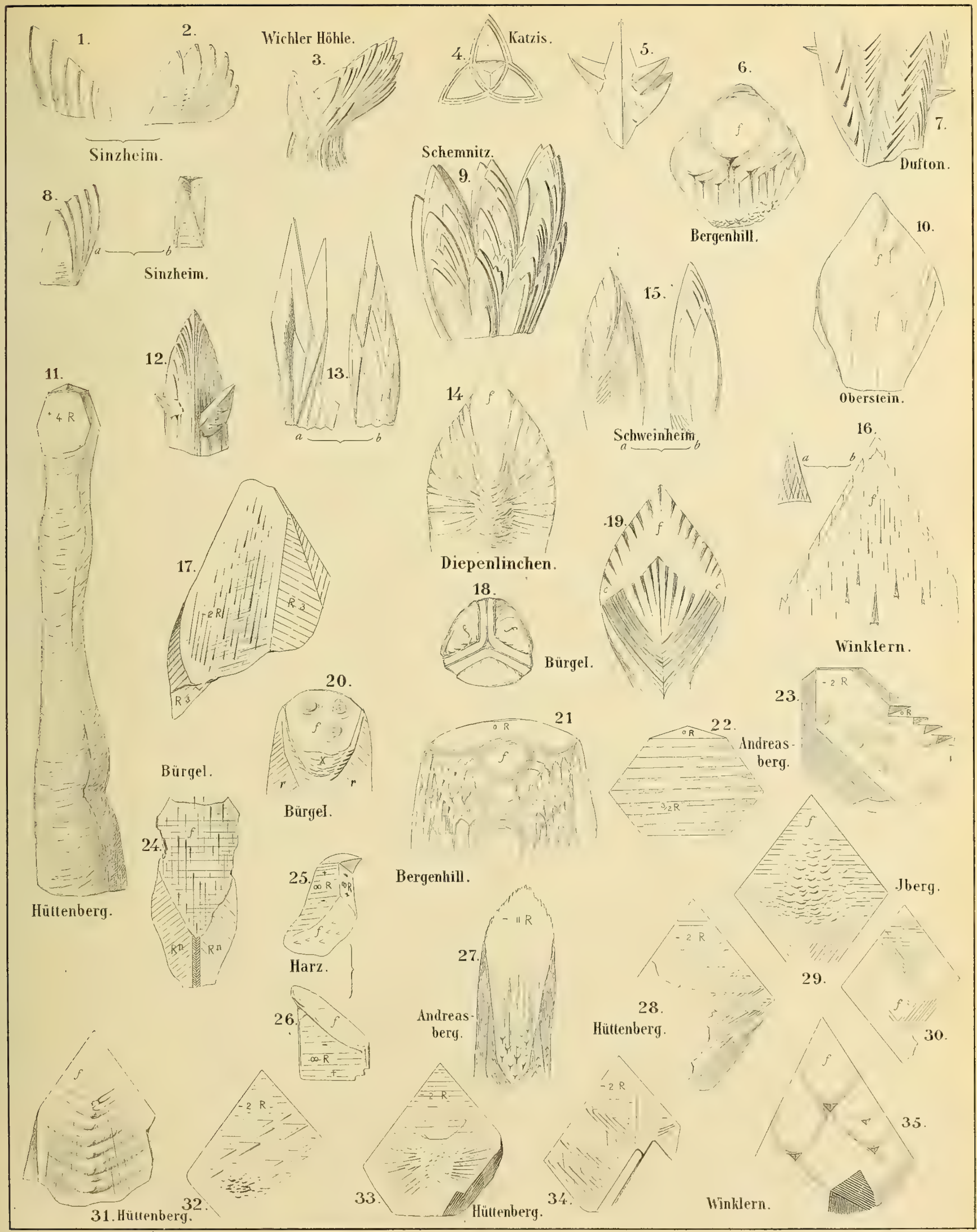
Dem Bau der positiven Rhomboëder, wie dem der unteren Scalenoëder scheint eine Kreuzung verschiedener Thätigkeitsrichtungen zu Grunde zu liegen; eine solche spricht sich in der Gitterung aus.

Die horizontale oder Endflächenrichtung tritt besonders deutlich vor bei seitlich angewachsenen Tafeln, welche nach oR sich erstrecken. Ein ungeregeltes Vorherschen dieser Richtung ist in der Spaltbarkeit nach oR, in dem silberglänzenden Saum, und in der milchigen Trübung des Krystallinnern zu erkennen. Mit dem Auftreten eines scalenoëdrischen Kerns ist stets eine grössere Durchsichtigkeit verbunden.

Ein bestimmteres, deutliches Vortreten der verschiedenen Thätigkeitsrichtungen beim

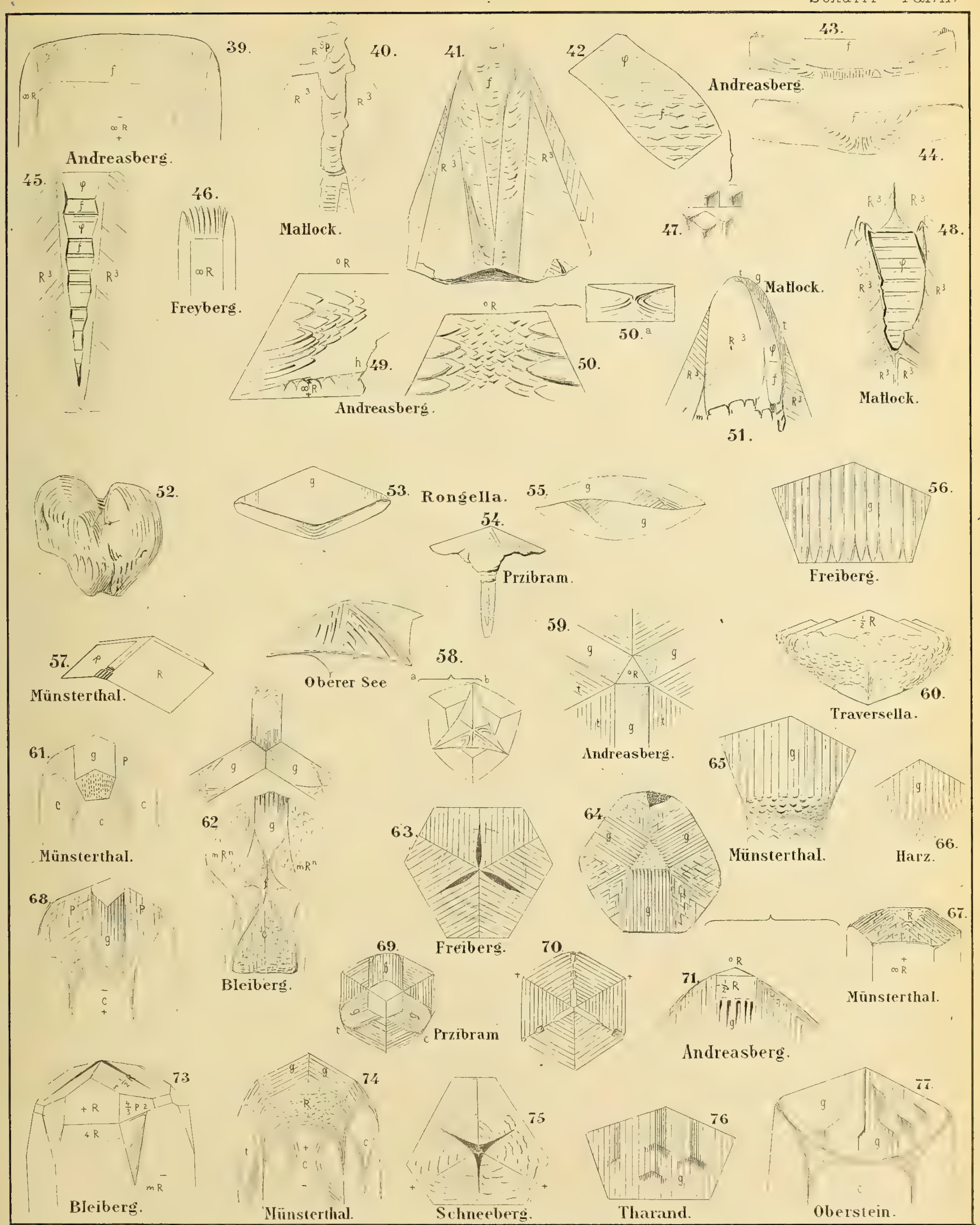
Uebersicht.

Seite



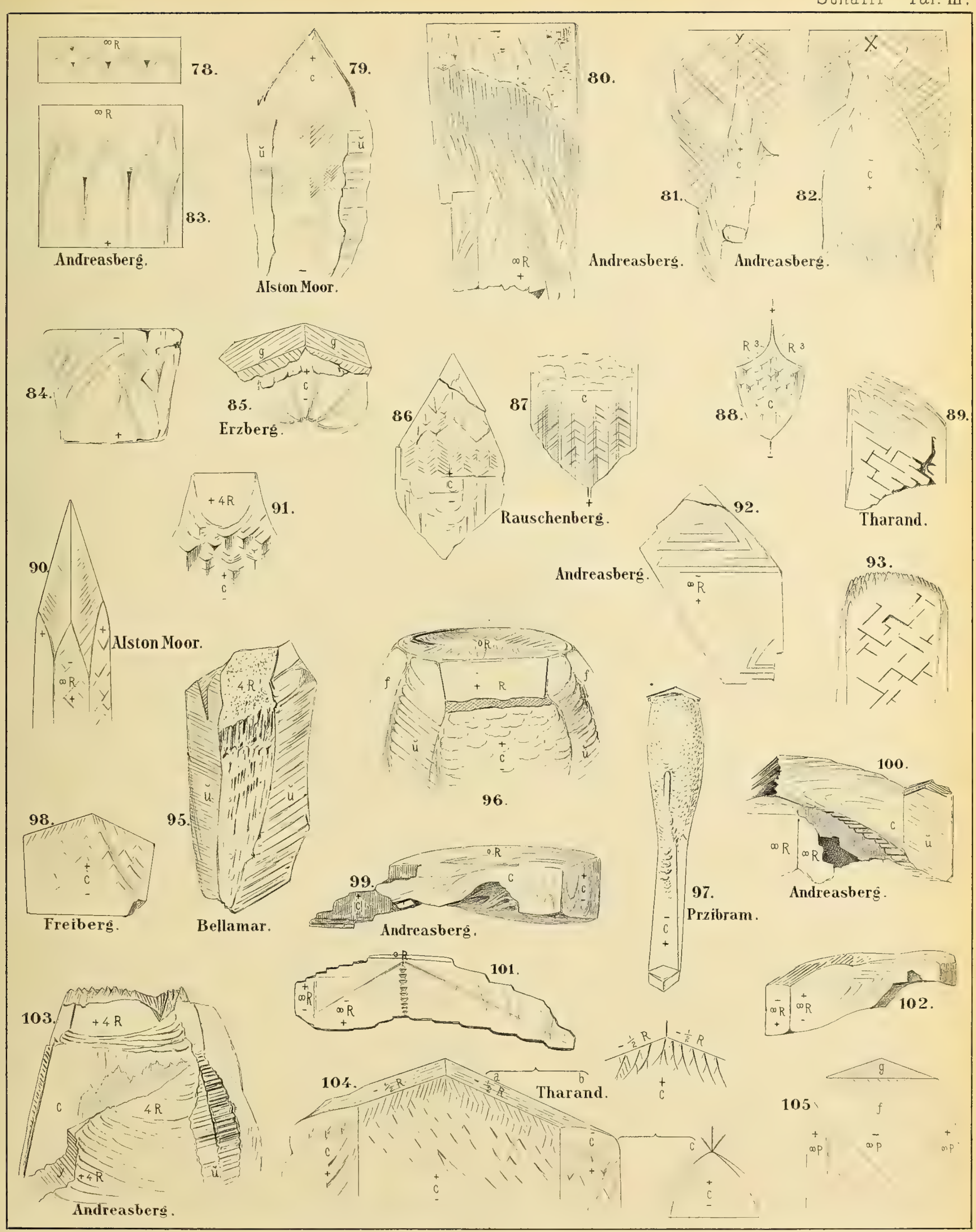
Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.





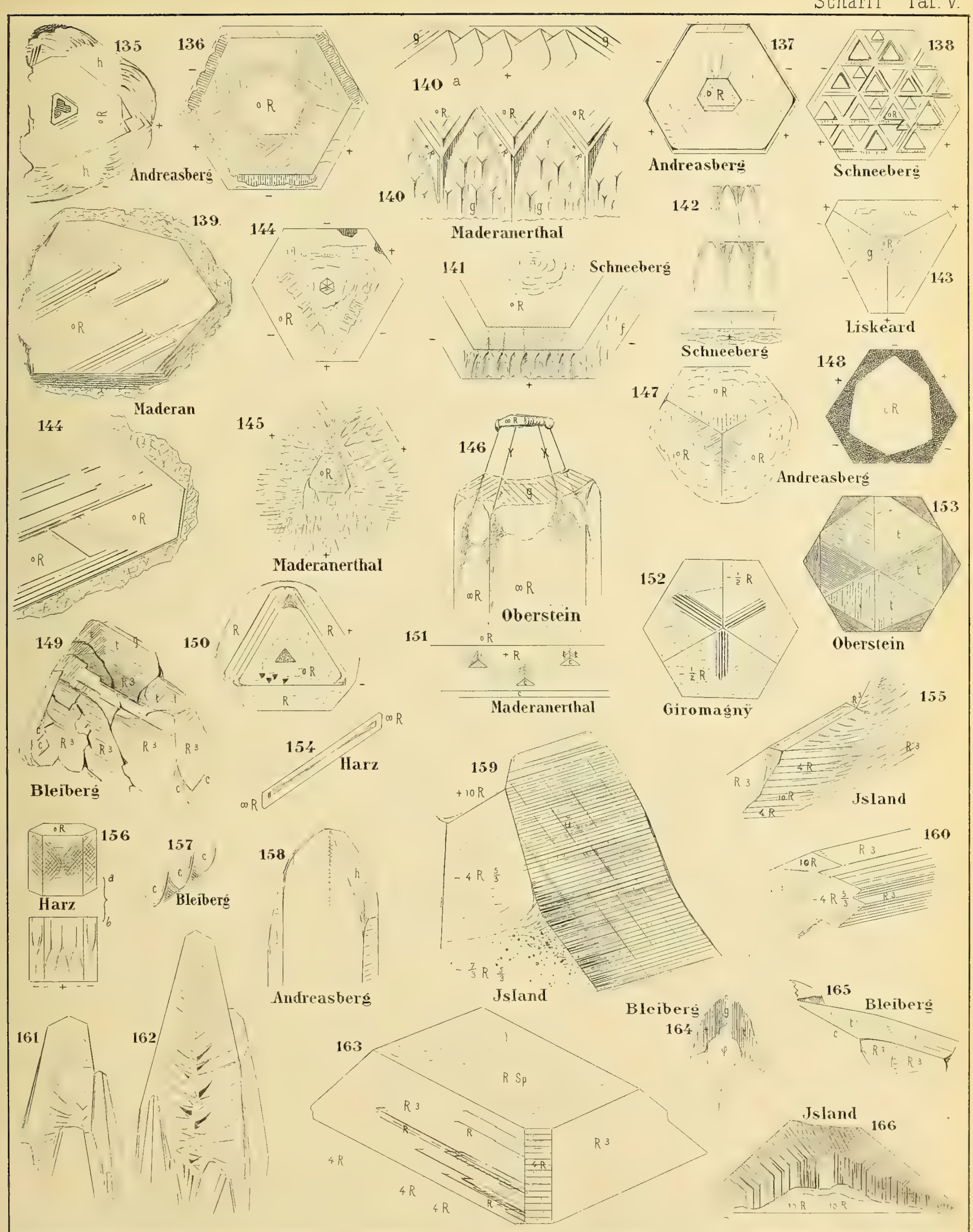
Lith. Anst. v. Werner & Winter Frankfurt M.





Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.





Lith. Anst. v. Werner & Winter Frankfurt a/M.


NATURAL HISTORY.

Beiträge zur Anatomie und Systematik der Rhizostomeen

von

Dr. H. Grenacher,

Professor der Zoologie an der Universität Rostock,

und

Dr. F. C. Noll

in Frankfurt am Main.

Mit 8 Tafeln.

Einleitende Bemerkungen.

Im 19. Bande der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie (1869. Pag. 509—537, Taf. XXXVIII—XXXIX) hat E. Häckel eine ausführliche und mit bekannter Meisterschaft illustrirte Beschreibung einer neuen Medusenform gegeben, welche er als Repräsentantin einer neuen Familie aus der Ordnung der Rhizostomeen unter dem Namen *Crambessa Tagi**) in die Wissenschaft einführt. Gefunden wurde das Thier in dem Brackwasser des Tejo (Tajo) bei Lissabon.

Die Umstände, unter denen diese Entdeckung gemacht wurde, waren nach seiner drastischen Schilderung keineswegs beneidenswerth und für eine eingehende Untersuchung so ungünstig als möglich. Er sass nämlich mit seinen Reisegefährten in enger Quarantaine-Haft in dem auf dem linken Tejo-Ufer gelegenen Lazaretto, von wo aus er die Thiere als grosse, milchweisse Kugeln im Tejo schwimmen sah. Mit Mühe nur gelang es, ein einziges Exemplar zur Untersuchung zu erhalten, und nach diesem wurde die veröffentlichte Beschreibung entworfen.

Dass eine unter solchen Umständen zu Stande gekommene Untersuchung noch Vieles für spätere Forschung übrig lassen würde, ist sehr natürlich. Ganz abgesehen von der mikroskopischen Analyse, die Häckel vorzunehmen nicht in der Lage war, musste eine genauere Prüfung des so ganz eigenartigen Verhaltens der Genitalorgane zum Gastrovascularsystem

---

*) **Κραμβηέσσα,** die Kohlähnliche, wegen der eigenthümlichen, an Rosenkohl erinnernden Saugknöpfe der Arme.

wünschenswerth erscheinen, die nach seinen Schilderungen durchaus von dem bisher Bekannten abweichend sein sollten. In der That sind die von dem genannten Forscher hervorgehobenen Differenzen zwischen dem Bau der *Crambessa* und dem der übrigen näher bekannten Rhizostomeen so bedeutend, dass uns für die Zurückführung der Eigenthümlichkeiten der ersteren auf die letzteren im Sinne der heutigen Morphologie jede Basis fehlt.

Unsere nachfolgend mitgetheilten Untersuchungen sind dazu bestimmt, durch Beseitigung der Irrthümer, welche in der Häckel'schen Darstellung enthalten sind, ein Verständniss jenes eigenthümlichen Thieres herbeizuführen, und so eine Brücke zwischen ihm und seinen Verwandten zu schlagen. Es wird sich im Verlaufe unserer Abhandlung herausstellen, einmal, dass die *Crambessa* zwar eine eigenthümlich modificirte Rhizostomee ist, aber ihre Eigenthümlichkeiten nicht allein besitzt, sondern sie mit wenigstens einer schon längst, und genau genug, gekannten Art theilt; dann aber, dass in diesem eigenartigen Bau kein neuer morphologischer Factor auftritt, der sich nicht auch bei andern Mitgliedern derselben Ordnung wiederfände, sondern dass die Differenzen zwischen ihnen sich lediglich auf die ungleiche Ausbildung der Beiden gemeinsamen Elemente, womit natürlich auch topographische Verschiebungen Hand in Hand gehen, zurückführen lassen. Dies wird sich besonders ergeben bei Vergleichung der *Crambessa* mit einer ächten Rhizostomide, welcher die zweite Abtheilung der vorliegenden Arbeit gewidmet ist.

Auch unsere Darstellung ist leider nur eine fragmentarische geblieben und lässt, ganz abgesehen von der Entwickelungsgeschichte, auch in der anatomischen Schilderung noch manche empfindliche Lücke. Wie die Häckel'sche, ist sie auch blos das Resultat einer Gelegenheitsuntersuchung, die wir während einer unfreiwilligen längeren Pause im Verlaufe unserer gemeinschaftlich angetretenen Reise für die Rüppell-Stiftung im Jahre 1871 angestellt haben. Wenn wir auch nicht in der strengen Haft der Quarantaine sassen, sondern uns unserer vollen Freiheit erfreuten, so war doch der Umstand, dass wir über die voraussichtliche Dauer unserer Musse zuerst gar nichts wussten, sondern jeden Augenblick auf eine Unterbrechung derselben gefasst sein mussten, der Aufnahme und Durchführung einer planmässigen Untersuchung wenig günstig.

Unser Aufenthalt in Lissabon, das wir von London kommend am 31. August 1871 erreichten, sollte blos bis zur Ankunft, resp. Abfahrt eines Dampfers dauern, der uns nach unserm ersten Reiseziel mit längerem Aufenthalte, den canarischen Inseln, bringen sollte. Da nach den in London eingezogenen Erkundigungen das Intervall zwischen unserer Ankunft und derjenigen des Dampfers der betreffenden Linie höchstens eine Woche dauern konnte, so liessen wir unsre

Kisten mit Gläsern, Fangapparaten etc. in Verwahrung der Douane, um der sonst unvermeidlichen höchst zeitraubenden Umpackung behufs der Untersuchung enthoben zu sein, und nahmen in dem durch seine prachtvolle Lage am Ufer des Tejo ausgezeichneten »Hôtel Central« unser Absteigequartier.

In Lissabon selbst konnten wir über unsern Dampfer noch weniger erfahren als früher in London. Er könne jeden Tag eintreffen, so lautete der beständige Refrain auf unsere täglichen Anfragen. Demgemäss trugen unsere Ausflüge auf und an dem Tejo nur den Charakter provisorischer Orientirungsfahrten, um die uns Beiden noch fremde marine Fauna, soweit sie sich bis nach der Hauptstadt hineinzieht, oberflächlich kennen zu lernen. In der That lässt die Thierwelt die Illusion, welche man nach dem sehr bemerkbaren Einfluss von Ebbe und Fluth sich zu bilden geneigt ist, als ob man nämlich sich nicht an einem Strome, sondern an einem Meerbusen oder Fjord befinde, nicht zu Schanden werden. Delphine durchziehen in Scharen, ebenso neckisch wie auf der offenen See, die Wogen; die Pfähle der Landungsbrücken sind mit Austern dicht besetzt; Krabben huschen behende, wenn sie durch Schritte oder den Schatten eines sich Nahenden aufgescheucht werden, in die Ritzen des Mauerwerks am Quai. Einige Excursionen auf das linke Tejo-Ufer, bei dem Dorfe Cacilhas, zeigten uns noch mehr, wie reich verhältnissmässig das Meer seinen Formenreichthum hier tief im Lande entfaltet hatte. Wenn auch am Strande diejenigen Formen fehlten, die das Auge des Neulings anfänglich am meisten auf sich lenken, wie z. B. Echinodermen, Cephalopoden u. dgl., so fanden doch eine Menge andrer thierischer Formen des Seegestades hier ihre Vertretung. Ebenso belehrte uns eine nächtliche Fahrt auf dem Tejo über das Vorkommen einer nicht zu unterschätzenden Formenfülle der mikroskopischen Thierwelt. Durch die herrliche Erscheinung des Leuchtens angelockt, fischten wir mit dem feinem Netze, und die vorgenommene Untersuchung der Beute zeigte uns, ausser den das Leuchten hauptsächlich verursachenden Noctiluken, Wurm- und Crustaceenlarven in nicht unbeträchtlicher Anzahl.

Mehr jedoch als alle diese Formen nahm die herrliche Meduse, deren Schilderung hauptsächlich Gegenstand unserer Arbeit ist, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch. Schon am 5. August erbeuteten wir zwei Exemplare derselben, die wir einer näheren Besichtigung unterwarfen, und einige leise Zweifel an der Richtigkeit der Angaben Häckel's regten sich schon damals, obschon uns diese letzteren nur in der Erinnerung vorschwebten. Als wir aber am 8. August durch den Agenten der Dampfschiffahrtsgesellschaft erfuhren, dass vor dem 15. August kein Dampfer nach den Canaren gehen werde, beschlossen wir sogleich eine möglichst genaue Untersuchung der Meduse vorzunehmen und eine Anzahl von Exemplaren nach Hause zu senden.

Solange das Wetter gut, d. h. die Luft ruhig oder nur wenig bewegt war, fehlte es nicht an Material. Aber gegen Ende unseres Aufenthaltes, gerade als die zur Verpackung bestimmte Zinkkiste fertig war, trat heftiger Nordwind auf, und unsere Bootsleute gaben sich vergebliche Mühe, uns noch weitere Exemplare zu verschaffen. Sie waren wie weggeblasen, und die letzten sahen wir erst wieder vom Bord unseres Dampfers aus, der uns von Lissabon entführen sollte, nachdem wieder Ruhe in der Atmosphäre eingetreten war. Durch diesen ungelegenen Zufall mussten wir ebensowohl auf den Abschluss unserer gemeinsamen Untersuchung als auf die Sammlung und Conservirung von Museumsobjecten Verzicht leisten. Es war zwar das Programm unserer Reise so entworfen, dass wenigstens der Eine von uns noch einmal nach Lissabon zurückkehren sollte; dann konnte das noch Fehlende ergänzt, das Versäumte nachgeholt werden. Es kam aber anders; wir nahmen Abschied von Lissabon, und zwar für immer; Keiner von uns hat die Stadt wieder gesehen.

So blieb unsere Arbeit ein Stückwerk. Möge sie trotzdem nicht ganz unwillkommen sein.

Zum Schlusse dieser Einleitung erübrigt noch, unseren Gefühlen der Dankbarkeit gegenüber Herrn J. Finger, Kaufmann in Lissabon, Ausdruck zu geben, der uns mit Rath und That in nicht genug anzuerkennender Weise an die Hand ging. Die überaus freundliche Aufnahme, die wir bei ihm fanden; die stete Bereitwilligkeit, mit der er unsere Interessen theils durch seine ausgedehnten Verbindungen, theils persönlich zu fördern sich angelegen sein liess, werden uns unvergesslich bleiben, und wir freuen uns, unseren Dank für seine vielfältigen Bemühungen hier öffentlich aussprechen zu können.

In Bezug auf die äussere Einrichtung der Arbeit haben wir es für passend erachtet, die Schilderung der Organe in der gleichen Reihenfolge zu geben, die Häckel innegehalten hat, um die Vergleichung derjenigen Punkte, bezüglich deren wir zu andern Resultaten gekommen sind, — und es sind deren nicht wenige — zu erleichtern. Dass wir uns im Wesentlichen derselben Terminologie bedienen, wie Häckel, wird man hoffentlich billigen, da diese sich wegen ihrer Einfachheit, Uebersichtlichkeit und Eleganz schon in die Wissenschaft einzubürgern begonnen hat.

A. Ueber den Bau der Crambessa Tagi Hckl.

Wie schon Häckel angeführt hat, nennen die Fischer und Bootsleute in Lissabon unsere Meduse mit dem Namen »Alforréca«. Dieses Wort ist indessen, seiner allgemeinen Bedeutung nach, nicht ausschliesslich auf dieses Thier zu beziehen; es ist vielmehr eine Collectivbezeichnung, unter welcher ebensowohl Seegras und Tange, als niedere Seethiere, mit deren Unterscheidung sich zu befassen der gemeine Mann kein Interesse hat, verstanden werden. In analoger Weise bezeichnen die Fischer in Gibraltar fast alle Evertebraten, die nicht zu ihnen in culinarischen Beziehungen stehen, als »Agua viva« oder »Agua mala«. — In Lissabon selbst treten allerdings die andern Formen, welche etwa noch unter der Rubrik der Alforrécas zusammengefasst werden könnten, so in den Hintergrund, dass unsere *Crambessa Tagi* die einzige und ausschliessliche Trägerin dieses Namens ist.

1. Allgemeine Formverhältnisse der Crambessa.

Die *Crambessa Tagi* zeigt in Bezug auf ihren Totalhabitus wenig von dem der übrigen Rhizostomeen Abweichendes, wie am Besten aus einem Blicke auf die Abbildung Taf. XXXVIII. Fig. 1. der Häckel'schen Arbeit, oder auf Fig. I. unserer eigenen Abhandlung erhellt. Die leztgenannte Abbildung ist nach einem frischen, lebenden Exemplare mittlerer Grösse an Ort und Stelle und in natürlicher Grösse entworfen.

Der Körper, betrachtet in seiner allgemeinen Architectur, zeigt dieselben gröberen Elemente wie die übrigen näher bekannten Rhizostomeen. Er baut sich aus zwei Haupttheilen auf, dem grossen Schirm, und dem auf dessen concaver Unterseite befindlichen Fortsatze, welcher sich in die acht Arme theilt. Dieser Fortsatz, der sogenannte Schirmstiel, oder Stiel schlechthin genannt (ausser einer Menge anderer mehr oder weniger passend gewählten Bezeichnungen, die anzuführen wir hier für überflüssig halten) ist es hauptsächlich, welcher hier durch seine abweichende Bildung unser Interesse besonders in Anspruch nimmt.

Am Stiele unterscheiden wir wieder drei Theile, und zwar von der Scheibe abwärts, gegen die Spitzen der Arme hingehend. An der Scheibe inseriren sich vier kräftige prismatische Pfeiler, oder Armwurzeln, die isolirt entspringen und eine kurze Strecke ebenso verlaufen. Bald aber vereinigen sie sich zu der Armscheibe, einem fast viereckigen, der Hauptscheibe der Meduse parallel sich erstreckenden, aber viel kleineren Gebilde; die Pfeiler treten in die vier Ecken der Armscheibe ein. Bei Betrachtung des unverletzten Thieres von der Seite sind weder die Pfeiler noch die Armscheibe sichtbar; beide werden von den Rändern

der glockenförmigen Hauptscheibe der Meduse verdeckt — Auf der Unterseite der Armscheibe entspringen die acht *Arme*, und zwar so, dass man sie als aus einer dichotomischen Theilung der Pfeiler hervorgegangen betrachten kann.

Die *Arme* zerfallen wieder in die einfachen *Oberarme*, welche relativ kurz sind, und die langen *Unterarme*. Jeder Unterarm ist durch drei der Länge nach verlaufende Furchen, sowie durch eine leichte Knickung, die ihn vom Oberarm absetzt, charakterisirt und damit seine Dimension bestimmt. Durch diese drei Längsfurchen zerfällt er in drei Blätter, wie etwa ein dreischneidiger Dolch, von denen das eine nach innen, die beiden andern seitlich nach aussen gerichtet sind. Die längsverlaufenden freien Ränder dieser flügelartig sich erhebenden Blätter sind aber nicht glatt sondern äusserst mannigfach getheilt, gefältelt und gekräuselt, und tragen die Mundöffnungen.

An dem *cölenterischen Canalsystem* (oder *Gastrovascularsystem*), das peripherisch mit den Mundöffnungen beginnt, unterscheiden wir wieder drei Hauptabtheilungen. Die von den Mundöffnungen ausgehenden kleineren Canäle vereinigen sich zu einer Röhre für jeden Arm, welche denselben der Länge nach durchzieht; es sind demnach 8 solcher *Armcanäle* vorhanden. Diese vereinigen sich paarweise in der Armscheibe und reduciren sich dadurch auf *vier* Canäle, die in den Pfeilern gegen den Schirm der Meduse emporsteigen, auf dessen Unterseite sich gegen das Schirmcentrum hin erstrecken und dort mit einander vereinigen. Von der Vereinigungsstelle der acht Armcanäle zu vieren an, bis zum Zusammenfluss im Centrum der Schirmunterseite werden wir dieses complicirt gestaltete System von Hohlräumen als *Centralhöhle* bezeichnen.

Den dritten Abschnitt des cölenterischen Systems bilden die peripherischen Canäle, die ihren Inhalt aus dem der Centralhöhle schöpfen und dem Medusenschirm zuführen. Dieses Canalsystem verläuft auf der Unterseite des Schirmes und besteht aus sechzehn *Radiärcanälen*, die unter sich vielfältig Anastomosen bilden durch maschenartige Verbindungen, besonders aber durch den kreisrunden *Ringcanal*, welcher eine Strecke weit innerhalb des Schirmrandes verläuft.

Bekanntlich stehen bei den Medusen die Genitalorgane im innigsten Connex mit dem cölenterischen Gefässsystem, namentlich mit dem Theil, der sich zwischen die vom Munde her zuführenden und die nach dem Umfange des Schirmes hin abgehenden Canäle einschaltet — also mit dem hier, in unserm Falle, als Centralhöhle bezeichneten Theile. Die hier sich findende Complication der Centralhöhle bedingt dadurch eine entsprechende Complication in der Anordnung der Genitalorgane, die in der Wandung der ersteren eingelagert sind, da das von

ihnen eingenommene Terrain sich soweit erstreckt als jene. Die Genitalregionen ziehen als bandförmige Streifen seitlich den Aesten der Centralhöhle entlang von der Ansatzstelle der Pfeiler an, diesen folgend, nach oben gegen den Schirm hin, biegen hier auf die Unterfläche des Schirmes um und erstrecken sich bis gegen das Centrum desselben. Hier biegen sie wieder auf einen benachbarten Ast der Centralhöhle über, gehen wieder gegen die Insertion des zugehörigen Pfeilers, um auf diesem herunterlaufend an seiner Insertionsstelle in der Armscheibe zu endigen. Wir zählen vier solcher Genitalbänder, die, wie man sieht, im Raume eine doppelte Krümmung aufweisen.

Die Genitalbänder werden auf ihrem Verlaufe auf der Unterseite des Schirmes begleitet von stark hervortretenden, klappenartig sich aus der Schirmsubstanz erhebenden Wülsten. Auch diese sind, wie aus ihren Beziehungen zu den Genitalbändern folgt, nahe dem Schirmcentrum rechtwinkelig geknickt, so dass ihre zwei Schenkel je zwei Aesten der Centralhöhle zugehören. Es sind deren ebenfalls vier, und man kann sie bezüglich ihrer Lage etwa vergleichen mit den 4 F (卐) des bekannten Wahrzeichens der Turner. Wir wollen diese für den ersten Anblick sehr befremdlich aussehenden Gebilde als Genitalklappen bezeichnen.

Bei den andern Rhizostomeen, sowie bei sehr vielen Discophoren überhaupt, pflegt man von Genital- oder Subgenitalhöhlen zu sprechen, Einbuchtungen der untern Schirmseite, oder vielmehr der Gallertsubstanz des Stieles, in deren Tiefe die Genitalorgane ihre Produkte reifen. Wir sind, wie aus der weiteren Darstellung hervorgehen wird, ausser Stande, diesen Begriff auf unsere vorliegende Medusenform zu übertragen.

Von den Organen der Beziehung zur Aussenwelt haben wir nur die acht randständigen Sinnesorgane zu erwähnen, die sich in gleichmässigen Abständen von einander an dem Schirmumfange befinden. Die Bewegungs- und Sinnesorgane werden wir, soweit sie für uns besprechbar sind, mit dem Schirme zugleich behandeln.

Es dürfte nicht völlig überflüssig sein, der Schilderung der verschiedenen architectonischen Elemente, die wir hier aufgezählt haben, eine Erläuterung über die Terminologie vorauszuschicken, deren wir uns bedienen, und die, wie schon vorhin bemerkt, von Häckel vorgeschlagen wurde.

Verbinden wir den Mittelpunkt der gewölbten Schirmfläche, sowie den imaginären Mittelpunkt zwischen den Endpunkten der acht Arme durch eine gerade Linie als Axe, so bezeichnen wir jene beiden Endpunkte als Pole der Axe, und zwar den ersteren als aboralen, den letzteren als oralen Pol. Durch diese Axe, und gleichzeitig durch die verschiedenen Organe, welche sich symmetrisch um dieselbe lagern, lassen sich nun Meridianebenen legen. Ein System von Ebenen, bestehend aus zwei auf einander senkrecht stehenden, legen wir durch die vier Aeste der Centralhöhle, damit auch zugleich durch die vier Pfeiler, welche die Armscheibe an

dem Schirme befestigen. Diese Ebenen bezeichnen wir als perradiale. Ein zweites System von Meridianebenen, ebenfalls aus zwei Ebenen bestehend, legen wir unter einem Winkel von 45° zu den vorigen in gleicher Weise durch die Axe, und bezeichnen dasselbe als interradiales System. Zwischen je einer perradialen und einer interradialen Ebene können wir noch Ebenen eines dritten Systems einfügen; von diesen gibt es natürlich dann vier, die mit einer jeden der vorigen einen Winkel von 22½° bilden. Wir bezeichnen diese Ebenen nach Häckel's Vorgange als adradiale.

Vorläufig lassen wir noch die Thatsache, dass nicht alle Theile unserer Meduse die streng radiäre Anordnung zeigen, sondern dass wir auf Andeutungen einer Bilateralsymmetrie stossen, ausser Betracht.

Für die Beschreibung der Arme werden wir noch einige Ausdrücke zu verwenden haben behufs näherer Präcisirung der Lagerungsverhältnisse. Wir werden nämlich diejenige Seite der Arme, die beim ruhigen Herabhängen derselben nach innen, gegen die oben besprochene imaginäre Axe zugerichtet ist, als axiale bezeichnen, die entgegengesetzte aber als abaxiale. Häckel, der die Bezeichnung axiale Seite auch gebraucht, nimmt ausserdem noch die Ausdrücke orale und aborale Seite für die innere, resp. äussere Seite an. Hier dürften sich aber diese Ausdrücke weniger empfehlen als die andern. So gut sie sich verwerthen lassen, um die relative Lage der einzelnen Organe in Bezug auf die beiden Pole zu bestimmen, so wenig präcisiren sie an den Armen die einzelnen Seiten oder Kanten derselben, zumal diese sämmtlich Mundöffnungen tragen, und man immer denken muss, dass die Bezeichnung oral sich eigentlich auf den hier blos im Jugendzustande vorhandenen einfachen Mund zwischen den Insertionsstellen der acht Arme bezieht.

Bestimmen wir nun nach der hier gegebenen Weise die Lage der hauptsächlichsten Organe des Körpers unserer Meduse zur vorläufigen Orientirung, so erhalten wir folgende Vertheilung derselben.

Die vier Pfeiler zwischen Armscheibe und Schirm liegen natürlich (da wir von ihnen ausgegangen sind) perradial. Die acht Arme, in welche die Pfeiler nach Durchsetzung der Armscheibe zerfallen, fallen in die adradialen Ebenen. Perradial, weil in der Fortsetzung der Pfeiler gelegen, sind wieder die vier im Centrum der oralen Schirmseite sich treffenden Aeste der Centralhöhle. Als interradial gelegen betrachten wir die Geschlechtsorgane, sowie die Genitalklappen, trotzdem beide der perradialen Centralhöhle sehr genähert liegen. Bestimmend ist für uns die interradiale Lage des Mittelpunktes, in welchem die Schenkel beider Gebilde auf einander treffen.

Die von der Centralhöhle ausgehenden Radiärcanäle fallen nach bestimmten Categorieen in alle drei Ebenensysteme, die wir angenommen haben. Die vier Radiärcanäle, die in der Verlängerung der Aeste des Centralhöhlenkreuzes liegen, also perradial, bezeichnen wir als Radiärcanäle 1ter Ordnung; zwischen ihnen, und mit ihnen alternirend, liegen vier interradiale, Radiärcanäle 2ter Ordnung. Zwischen diesen und den perradialen liegen noch weitere acht adradiale Canäle: Radiärcanäle 3ter Ordnung. Von diesen letzteren ist jedoch zu bemerken, dass sie weder die genaue Winkeldistanz, noch den streng radiären Verlauf innehalten.

Die acht Sinnesorgane am Schirmrande stehen je um einen Achtelkreis von einander ab. Vier davon sind perradial, die vier andern interradial gelegen.

2. Schirm der Crambessa.

Unsere Meduse gehört zu den stattlichsten Repräsentanten ihrer Classe, die man bis jetzt in den europäischen Meeren aufgefunden hat. Häckel hat in seiner Arbeit die Dimensionen fast aller Theile angegeben; wir haben leider versäumt, an den uns zu Gebote stehenden Exemplaren genauere Grössenbestimmungen der einzelnen Theile vorzunehmen, um etwa darnach die Schwankungen taxiren zu können. Wir haben nur von einem einzigen grösseren Exemplare einige Maasse genommen, und diese stimmen zufällig mit denen überein, die Häckel anführt. Er fand nämlich den Durchmesser des von ihm untersuchten Thieres, über die Wölbung des Schirmes gemessen, 420 Mm, die Länge der Arme 315 Mm. Bei dem von uns gemessenen Exemplare waren diese Dimensionen 430 Mm., resp. 330 Mm.

Die Dicke des Schirmes ist ebenfalls sehr beträchtlich, zolldick und darüber. Häckel gibt für die Schirmmitte 25 Mm., 2 Zoll vom Centrum entfernt 31 Mm., am Ringcanal 20 Mm., und 25 Mm. weiter nach aussen noch 10 Mm. Dicke an.

Diese Messungen können selbstverständlich keine besondere Bedeutung in Anspruch nehmen. Sowohl Häckel als wir haben Thiere von der verschiedensten Grösse gesehen; Häckel taxirt einzelne, die er aus dem Schwarme hervorstechen sah, auf ca. 2′ Schirmdurchmesser. Uns sind nun allerdings solche Dimensionen nicht vorgekommen, aber immerhin haben wir Thiere zu Gesicht bekommen, theilweise selbst unter den Händen gehabt, die dasjenige, von welchem die Maasse stammen, nicht unbeträchtlich an Grösse übertrafen.

Die Mehrzahl der untersuchten Exemplare blieb aber hinter diesen Dimensionen zurück. Wir haben solche gesammelt, deren Schirm nicht viel über Faustgrösse aufzuweisen hatte, und ein Theil der von uns gegebenen Abbildungen einzelner Organe ist von solchen entnommen.

Ob die auffälligen Differenzen in Grösse und, wie wir gleich hinzufügen können, in Färbung sich auf sexuelle Unterschiede zurückführen lassen, oder in der Variabilität ihre Erklärung finden, das müssen wir unentschieden lassen. Unsere Exemplare waren noch nicht geschlechtsreif. Sicher dürfen wohl aber alle gleichzeitig beobachteten Individuen auf eine Generationsperiode zurückgeführt werden; möglich ist es, dass im weitern Verlaufe ihres Lebens bis zum Eintritt der Geschlechtsreife die Gegensätze sich wieder etwas ausgleichen.

Wie eben angedeutet und auch von Häckel auseinandergesetzt wurde, ist auch die Färbung ähnlichen Schwankungen unterworfen, die auf bestimmte Abhängigkeitsverhältnisse zurückzuführen vorläufig noch nicht möglich ist. Sehen wir einstweilen noch ab von der Pigmentirung der Schirmoberfläche, die namentlich am Rande stark hervortritt, und berücksichtigen blos die Färbung der gallertartigen Grundsubstanz. Diese war in den meisten Fällen bläulich oder gelblich durchscheinend, opalisirend; einige zeigten einen ausgesprochenen gelblichen Ton, andere aber waren hell sepiafarben oder kaffeebraun. Diese letzteren, gebräunten, oder wenigstens ähnliche Modificationen im Grundton zeigenden, hat auch Häckel gesehen; es waren nach ihm besonders grosse Exemplare, die derartige Anomalieen in der Färbung darboten, während wir mehr bei den kleineren diese Neigung hervortretend fanden. Diese Färbung ist aber nicht auf den Schirm beschränkt, sondern sie erstreckt sich soweit, als sich die Gallertsubstanz ausdehnt, also namentlich auch auf die Arme. An dem axialen und abaxialen Fransenbesatz, welcher die Mundöffnungen charakterisirt, tritt freilich die gelbliche Färbung allgemein in den Vordergrund.

Durch den Schirm schimmert nun bei der Betrachtung desselben von oben der unter ihm gelegene Theil der Genitalien in Gestalt eines Kreuzes durch, nach Häckel's treffendem Vergleich wie die Flamme einer Astrallampe durch die Glaskuppel. Im Allgemeinen markiren sich die Geschlechtsorgane durch eine gelblichweisse oder gelbe Färbung; wir haben aber auch einen Stich ins Grünliche daran wahrgenommen.

Sehr beträchtliche Schwankungen scheinen noch vorzukommen bezüglich der Anwesenheit oder des Fehlens eines Pigmentes, welches der gewölbten Oberfläche des Schirmes aufgelagert ist. Einzelne Exemplare scheinen dasselbe völlig zu entbehren; Häckel erwähnt wenigstens das Pigment von seinem Exemplare nicht, obschon er sonst gerade in Bezug auf die Schirmwölbung besonders ausführlich berichtet. Andere aber zeigen es in der auffallenden und nicht zu übersehenden Weise, wie wir es in unserer Fig. I. finden.

Besonders stark entwickelt zeigt sich, wenigstens nach unsern Erfahrungen, das Pigment am Schirmrande, da, wo derselbe sich in die nachher noch zu besprechenden Randlappen theilt.

Diese zungenförmigen Lappen besitzen in der Mitte eine nicht unbeträchtliche Dicke, während ihr Rand sich schneidenartig zuschärft. Die dickere Mitte ist durch die Pigmentstreifen ausgezeichnet, die unweit der Lappenspitze schwach colorirt beginnen, geschlängelt gegen das Centrum des Schirmes verlaufen, und dabei sich dichotomisch theilen unter steter Zunahme der Färbungsintensität. Gegen die Basis der Randlappen hin nimmt die Färbung wieder etwas ab, die Streifen werden schmaler, und der Grundton, welcher der Schirmsubstanz eigen ist, kommt wieder mehr zur Geltung. Die aus den einzelnen Randlappen stammenden Aeste breiten sich nun seitlich aus und setzen sich geschlängelt gegen das Centrum hin fort. Dabei verliert sich aber allmälig die Regelmässigkeit; die Aeste setzen aus, es treten neue auf etc., wie es die Fig. II zeigt, die ein kleines Stück der aboralen Schirmoberfläche bei schwacher (Loupen-) Vergrösserung wiedergibt. Die Färbung des Pigments ist eine unrein purpurne, mit einem leichten Stiche ins Bräunliche.

Mit dieser Pigmentvertheilung steht eine eigenthümliche Sculptur der Schirmoberfläche in innigem Zusammenhang, der Häckel eine ausführliche Darstellung widmet. Nach ihm ist nämlich die aborale Schirmfläche »in äusserst zierlicher Weise mit dendritischen Ramificationen gezeichnet, die mit ihrer Bifurcation radial von der Peripherie des Schirmes gegen dessen Mitte gerichtet sind«. Diese Sculptur ist »durch sehr zahlreiche feinere Wülste oder Rippen der Gallertsubstanz des Schirmes bedingt, welche durch entsprechende Furchen oder Thälchen getrennt sind. Sowohl die Furchen als die Rippen sind von halbcylindrischem Querschnitt. — Im Centrum der Aboralwölbung des Thieres ist eine kleine punktförmige Grube, um welche herum acht einfache kurze Radialrippen und acht damit alternirende nach aussen gabelspaltige, kurze interradiale Rippen eine Rosette bilden. Diese ist von einer weiteren Furchenrosette umgeben, welche von acht dreispitzigen, mit den drei Spitzen gegen das Centrum gerichteten Zickzacklinien gebildet wird. Zwischen diesen laufen die centralen Enden von acht radialen Hauptfurchen aus, die centripetal von den acht Augen gegen die Schirmmitte verlaufen. Die Bifurcationen sämmtlicher baumförmig verästelter Radialrippen sind centripetal gerichtet, so dass die Wurzeln der Rippenbäumchen gegen die Peripherie, die Zweigwipfel gegen das Centrum laufen«. (l. c. p. 515). Ferner: »Die oben beschriebenen dendritischen Rippen der aboralen Schirmfläche beginnen meistens in der äussern Spitze eines jeden Gallertzipfels (d. h. des verdickten Mitteltheiles der Randlappen) mit einem einfachen Stämmchen, welches sich alsbald durch wiederholte Bifurcationen zu einem vielverzweigten Bäumchen entwickelt, dessen Zweige sich über das Ringgefäss hinaus centripetal nach der Mitte der aboralen Schirmfläche fortpflanzen».

Wir haben hier das Wesentliche der Schilderung Häckel's wörtlich wiedergegeben,

weil wir nicht in der glücklichen Lage gewesen sind, ein Exemplar aufzufinden, das eine solche Regelmässigkeit in der Oberflächensculptur aufzuweisen gehabt hätte. Die eigenthümliche Cannelirung des Schirmes fiel uns ebenfalls auf, aber wir vermissten, soweit wir sie beachteten, diese zierliche Anordnung; was wir davon zu Gesicht bekamen, ist wiedergegeben auf den Figg. I. u. II., wo die Pigmentstreifen den Verlauf der Rippen andeuten, auf deren Kämmen sie gelegen sind.

Da Häckel von den Lissaboner Bootsleuten in Erfahrung gebracht hatte, dass die Meduse selbst weit über Lissabon hinauf in völlig süssem Flusswasser vorkommen solle, so ist er nicht abgeneigt, die so eigenthümliche Oberflächensculptur als eine Anpassungserscheinung an das veränderte Medium aufzufassen. Nach unserer Ansicht dürfte es rathsam sein, für solche Erklärungsversuche zunächst eine sichere Grundlage des Thatbestandes zu schaffen, zunächst also zu bestimmen, wo die Meduse eigentlich heimisch ist, ob in der See, oder im Brackwasser. Wir halten vorläufig die erstere für ihre Heimath.

Wie schon aus den oben angeführten Messungen Häckel's hervorgeht, ist der Schirm in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpunkt von ungleicher Dicke; er wird gegen den Rand hin dünner, und schärft sich hier ganz aus. Ein Blick auf unsere Fig. III, welche einen Schnitt durch eine der Ebenen des Perradius darstellt, zeigt, dass diese Differenzen hauptsächlich durch die ungleichmässige Wölbung der unteren, oralen Schirmfläche verursacht werden, da die aborale Schirmfläche ihre gleichmässige Wölbung in ihrer ganzen Erstreckung beibehält. Durch die Ansatzpunkte der vier Armpfeiler an den Schirm ist auf der Oralseite desselben eine Kreisfläche gegeben, innerhalb dessen die Dickendimensionen wenigstens nur unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen sind. Nach aussen von den Pfeilerinsertionen markirt sich ein ringförmiger, gewölbter Wulst, (Fig. III, VIII.) der sich auch durch das Aussehen seiner Oberfläche von den mehr central gelegenen Theilen der Schirmunterseite scharf abhebt. Er ist nämlich durch weissliche, leistenartig erscheinende, concentrische Streifen ausgezeichnet, die sich nicht ununterbrochen um den ganzen Umfang hinziehen, sondern in der Richtung der Perradien und Interradien (also im Ganzen an acht Stellen) von schmalen, glattbleibenden Brücken durchsetzt werden. — Jenseits des Wulstes liegen die Randlappen; die Einschnitte, welche je ein Paar derselben von den benachbarten trennen, dringen bis an den peripherischen Rand des Wulstes vor. Auch bis auf die Lappen, wenigstens auf die innere Hälfte derselben, dehnen sich jene concentrischen Leisten aus (Fig. VII; *m.*). Diese Leisten sind die Muskeln, durch deren sphygmische Contractionen, welche eine Verkleinerung des Lumens der Schirmhöhle im Gefolge haben, die Meduse ihren Ortswechsel vollzieht.

Die Lappen sind übrigens noch durch ein anderes Gebilde von dem compacten Schirmcentrum abgegrenzt, nämlich durch den Ringcanal, der an der äusseren Grenze des beschriebenen Wulstes auf der oralen Schirmseite verläuft. Häckel bezeichnet den gelappten Saum deshalb auch als extracirculären Schirmsaum.

Durch die acht Sinnesorgane, von denen vier perradial, vier interradial gelegen sind, wird der extracirculäre Schirmsaum in ebensoviele Abschnitte getheilt, Häckel's Hauptlappen.

Durch je drei tiefere, und vier alternirend mit diesen gelegene weniger tief eindringende Einschnitte werden die Hauptlappenränder wieder in je acht Randlappen zerfällt, welche demnach besser als vier Lappenpaare aufgefasst werden. — Die Sinnesorgane liegen etwas vom Rande zurückgerückt, so dass an diesen Stellen der Zwischenraum zwischen den angrenzenden Randlappen zweier Hauptlappen grösser ist, als zwischen den Randlappen eines und desselben Hauptlappens; dies wird durch das Einschieben eines schmalen, unpaaren, an seinem peripherischen Ende aber getheilten Sinneslappen erzeugt. Den Einschnitt, in welchem dieser Sinneslappen liegt, nennt Häckel Augenbucht; nach ihm soll sie tiefer sein, als die Einschnitte, welche die einzelnen Paare der Randlappen von einander trennen, was uns nicht aufgefallen ist. Ferner lässt Häckel die in der Mitte der Hauptlappen gelegenen Randlappen beträchtlich hervortreten, die jederseits davon gelegenen aber successive nach der Augenbucht hin an Grösse abnehmen, so dass jeder Octant des Schirmumfanges eine Convexität für sich nach aussen besitzt (vgl. Fig. 1, 2, 3, 5 seiner Abbildungen), was wir ebenfalls nicht constatiren können.

Die Gestalt der einzelnen Randlappen, welchen Häckel eine ausführliche Beschreibung widmet, erhält zur Genüge aus unserer Fig. I. Sie sind im Allgemeinen zungenförmig, mit mehr oder weniger abgerundeter Spitze. Die Randpartie eines jeden Lappens ist dünn, und wird von Häckel mit einer schlaffen Schwimmhaut verglichen; der mittlere Theil, der durch die pigmentirten, sich theilenden Rippen charakterisirt ist, hat eine grössere Dicke, da in denselben die Gallertsubstanz des Schirmes sich unmittelbar fortsetzt.

Von den Sinnesorganen können wir leider keine erschöpfende und allseitig genügende Darstellung geben; indessen mögen unsere Mittheilungen darüber doch vielleicht nicht unwillkommen sein, da unsere Beobachtungen, wie wir weiter unten darlegen werden, mit älteren, an einer nahe verwandten Form gemachten, eine auffällige Uebereinstimmung zeigen.

Da wo die Perradien und Interradien den Schirmumfang schneiden, treffen wir besondere Lappenbildungen zur Aufnahme der Sinnesorgane (Randkörper). Häckel bezeichnet diese letzteren ohne Umstände als »Augen«; wir glauben jedoch Gründe zu haben, jene indifferente und weniger präcisirte Benennung vorläufig festhalten zu dürfen. — Zwischen den letzten Rand-

lappen zweier Hauptlappen schiebt sich ein schmaler, nach aussen sich etwas verbreiternder, leicht vorragender Fortsatz der Gallertmasse des Schirmes ein, der das Sinnesorgan auf seiner Mittellinie trägt, und unterhalb desselben sich in zwei kleine Zipfel (Häckel's Augenlappen) theilt. Diese Zipfel bleiben an Grösse um ein Beträchtliches hinter den Randlappen zurück, und sind auch in Bezug auf ihre Gestalt von ihnen unterschieden. (Vgl. die Figg. IV, V, VI A; *S. l.*). Während nämlich ihre äusseren Ränder einen verhältnissmässig einfachen, geraden oder wenig geschweiften Verlauf zeigen, sind die einander zugewandten inneren Ränder mehrfach gebuchtet, und namentlich an der Basis macht sich eine ohrförmige Vorragung bemerklich. Zwischen diesen Zipfeln endet der vorspringende Theil des Sinneslappens bogenförmig abgeschnitten (Häckel's Halbkreisbogen an der Augenperipherie).

Dicht hinter diesem Ende befindet sich nun auf der aboralen Schirmseite eine im Umriss birnförmige, oder annähernd dreieckige Grube, deren spitzes Ende gegen das Schirmcentrum zu gerichtet ist, während das stumpfe, abgerundete, blind unter einer halbmondförmigen Brücke der Schirmsubstanz, die sich quer darüber hinzieht, verborgen liegt. (Fig. IV, V, VI A; *f.*). Diese Einziehung ist am centralen Ende seicht, und vertieft sich immer mehr gegen das peripherische hin; umgeben wird sie von einem erhabenen Wulst (Fig. IV, V, VI A; *w.*), der besonders an den beiden Langseiten deutlich hervortritt.

Da, wo diese Einziehung am weitesten gegen die Peripherie mit ihrem blinden Ende vorgerückt ist, sitzt das eigentliche Sinnesorgan, an welchem sich zwei Abtheilungen unterscheiden lassen. Die erste derselben (Fig. V, VI A; *S'.*) bildet einen ovoiden, an beiden Enden ausgeschnittenen, anscheinend soliden Körper, der für die zweite Abtheilung als Stiel fungirt. Diese letztere (Fig. V, VI A; *S''*) besteht aus einer etwas ovalen oder kugeligen Blase, die ganz mit kleinen Krystallen angefüllt ist, die in Essigsäure unlöslich sind, wie man es von andern Discophoren schon kennt (Fig. VI B).

Ein besonders zierliches Aussehen erhält die Hohlfläche der Grube durch ein System radiär von einem gemeinsamen Mittelpunkt ausstrahlender Furchen, die sich baumartig verästeln, und von erhabenen schmalen Leisten eingefasst werden, die wieder zweigartige Ausläufer nach den Seiten ausschicken. Der Punkt, von dem aus dieses Furchensystem ausstrahlt, scheint die Ansatzstelle des Sinnesorganes zu sein. Von hier aus treten die Furchen auseinander; ein Theil derselben zieht sich in der Tiefe der Grube gegen das Schirmcentrum hin, ohne indessen das spitze Ende der Grube zu erreichen; andere ziehen sich seitlich hinauf, und wieder andere schlagen sich bogenförmig über die halbmondförmige Falte hinüber, welche das blinde Ende der Grube von oben bedeckt, und strahlen dann auseinander (s. Fig. V, VI A; *p. p.*).

Von der oralen Schirmseite gesehen, ist der Anblick des Sinnesorgans ein ungleich einfacherer (Fig. VII). Zwischen den beiden Zipfeln des Sinneslappens gewahren wir dasselbe, an seiner Ansatzstelle bedeckt von einer vorspringenden, halbmondförmigen Falte (Fig. VII, *a*) deren Concavität nach der Schirmperipherie gerichtet ist. Die querverlaufenden Leisten jederseits (Fig. VII, *m*) sind die Muskelelemente, die sich auf der oralen Fläche der Lappen finden.

Was die Consistenz des Schirmes unserer Meduse anbelangt, so ist für sie von Häckel, wie für die übrigen Rhizostomeen von andern Autoren schon hervorgehoben worden, dass dieselbe eine relativ feste ist, so dass der Vergleich mit einem weichen Knorpel bei ganz frischen, lebenskräftigen Exemplaren keine Uebertreibung enthält. — Die mikroskopische Analyse des Schirmes zeigt uns nur die bekannten Elemente. In einer durchsichtigen Grundsubstanz ziehen nach allen Richtungen des Raumes blasse schwach contourirte Fasern, wie solche von M. Schultze*) und Virchow**) beschrieben wurden; dazwischen liegen kleine Zellen eingestreut, die, an Eiterkörperchen erinnernd, eine sehr verschiedene Gestalt, einen Kern, meist Vacuolen und ausserdem zahlreiche dunkle Körnchen haben. Bald kugelig, bald länglich, bald sternförmig mit Ausläufern von verschiedener Länge, machen sie den Eindruck von amöboiden Zellen; eine Bewegung an ihnen konnte aber nicht zur Beobachtung gebracht werden, trotzdem die Aufmerksamkeit speciell und längere Zeit hindurch darauf gerichtet war.

3. Die Centralhöhle und die Genitalorgane der Crambessa.

Wie Häckel mit Recht hervorhebt, ist die Bildung und Anordnung der Geschlechtsorgane das Eigenthümlichste und Merkwürdigste im Bau unserer Meduse. Dieselben lassen sich aber nicht wohl für sich allein behandeln, sondern müssen nothwendig wegen ihrer topographischen Beziehungen zu der Centralhöhle, in deren Wandungen sie liegen, mit dieser zugleich geschildert werden.

Diese beiden Theile, Centralhöhle und Genitalapparat, hat Häckel durchaus verkannt, und wir werden seiner Beschreibung fast in allen Punkten entgegentreten müssen. Auch unsere Darstellung kann und will nicht den Anspruch erheben, den Gegenstaud zu erschöpfen, und namentlich sind wir nicht in der Lage, den feineren Bau der Genitalien, die Entstehung und Entwickelung der Geschlechtsproducte etc. behandeln zu können. Da die Thiere zur Zeit, als wir sie der Untersuchung unterwarfen, überhaupt noch nicht geschlechtsreif waren, so sind

---

*) In: Müller's Arch. f. Anat. u. Phys. 1856. p. 311 u. ff.

**) In: Arch. f. path. Anat. 1855. VII. p. 558 u. ff.

es vorwiegend Analogieen mit andern Medusen, die uns bezüglich der Deutung der Genitalregion als solcher leiten mussten. Doch glauben wir uns nicht der Gefahr ausgesetzt, Fehlschlüsse zu thun, da wir uns, ausser dieser an und für sich erlaubten, weil fast selbstverständlichen Voraussetzung streng an das von uns Beobachtete halten werden.

Die Configuration der Centralhöhle ist, wie schon aus der allgemeinen Schilderung hervorgeht, eine ziemlich complicirte; jedenfalls übertrifft unsere Meduse darin alle bisher näher bekannten Verwandten (mit Ausnahme einer einzigen) bedeutend. Um dieselbe zu verstehen, wird es nöthig sein, unsere Fig. VIII, welche den Schirm mit einem Theile der Centralhöhle von der oralen Seite aus, nach Wegnahme der Pfeiler mit der Armscheibe und den Armen, darstellt; ferner die Fig. III, welche einen Durchschnitt durch die Meduse in einer der perradialen Ebenen wiedergibt, auf welchem die Centralhöhle in ihrer ganzen Erstreckung getroffen ist, mit einander zu vergleichen.

Die Centralhöhle setzt sich, wie schon oben angeführt, aus vier Aesten zusammen, die von dem Centrum der oralen Schirmseite aus nach der Richtung der Perradien auseinandertreten, bis sie auf die Insertionen der Pfeiler am Schirme treffen. Dort biegen sie aus der Ebene des Schirmes heraus, und verlaufen auf der axialen Seite der Pfeiler gegen die Armscheibe, treten in diese hinein, theilen sich darin in je 2 Canäle, die sich dann direct in die Armcanäle fortsetzen.

Nur im Centrum der oralen Schirmfläche treten diese Canäle in volle Vereinigung; in ihrem sonstigen Verlaufe sind sie durchaus von einander getrennt.

Ihr Lumen bietet in Bezug auf seine Configuration ebenfalls Complicationen dar, die das Verständniss etwas erschweren. Wir wollen mit der Schilderung der Pfeiler beginnen, da die Verhältnisse der Centralhöhle hier im Wesentlichen dieselben sind, wie an der oralen Schirmfläche, nur etwas übersichtlicher.

Die Pfeiler sind im Allgemeinen Gebilde von parallelopipedischer Gestalt, welche nach der Aboralseite hin mit verbreiterten Enden in die Schirmsubstanz, nach der Oralseite hin ebenfalls, aber viel weniger verbreitert, in die Substanz der Armscheibe, und mittelbar in die Arme sich fortsetzen.

Die Breite der Pfeiler, senkrecht auf den Radius gemessen, übertrifft die Dicke selbst an den schmalsten Stellen fast um das Doppelte; noch beträchtlicher natürlich an dem Schirmende, da hier die Dicke dieselbe bleibt.

Dass der Pfeiler durchweg aus derselben Substanz besteht, wie der Schirm, brauchen wir wohl nicht besonders hervorzuheben.

Der Pfeiler besteht nun aus zwei Platten von ungleicher Masse und Gestalt, die gegeneinander gekrümmt sich zu einer Röhre schliessen, die ein eigenthümliches, fast T-förmiges Lumen hat. Die mächtigere der Platten ist die abaxiale; sie lässt sich als eine zweimal unter fast rechten Winkeln der Länge nach gebogene Lamelle auffassen, deren nach innen (axialwärts) gerichtete Seitenränder eine breite und tiefe Rinne begrenzen (vergl. den Querschnitt durch einen Pfeiler, Fig. IX.). In dieser Rinne ist nun die zweite, weit weniger starke, axiale Platte aufgenommen, deren Ränder sich an der Innenseite der axialwärts gerichteten Ränder der ersteren inseriren, so dass dadurch ein Theil des Lumens der Rinne zum Rohre abgeschnürt wird. Die Gestalt der Axialplatte des Pfeilers ist aber ebenfalls eine complicirte; sie lässt sich am besten vergleichen mit einer der Länge nach aufgeschlitzten Röhre, deren Wand an der offenen Seite jederseits nach aussen sich umschlägt, so dass ein Ω förmiger Querschnitt resultirt (vgl. Fig. VIII, IX.) Meist ist die aus der axialen Platte gebildete Röhre völlig in die Rinne eingesenkt, welche die abaxiale Platte bildet, zuweilen jedoch sahen wir sie mehr oder weniger über die Ränder derselben hervorragen. Der cylindrische Theil derselben ist noch relativ dick und fest, die Oberfläche beiderseits glatt; von den Umschlagstellen an ist aber die Platte ganz dünn, membranös, und in sehr zahlreiche Querfalten gelegt. Da in diesen gefalteten Streifen sich die Genitalprodukte entwickeln, so wollen wir sie mit dem Namen »Gastrogenitalmembran« bezeichnen (*M. gg.* der Figg.), wodurch wir ihre doppelten Beziehungen zwar nicht gerade sehr kurz, aber doch wohl verständlich genug auszudrücken glauben.

Die Fig. VIII zeigt das Verhalten der uns beschäftigenden Gebilde auf der oralen Schirmseite. In den Perradien (*P. R.*) sehen wir die Insertionen der Pfeiler am Schirm, die abaxiale Pfeilerlamelle (*ab. P.*) ist stark verbreitert und geht direct in die Gallertmasse des Schirmes über. Dabei weichen die gegen die Axe zu gerichteten Ränder der Platte, je näher am Schirm, desto weiter auseinander. Die axiale Platte (*a. P.*) aber, die wir mit einem aufgeschlitzten Rohre verglichen haben, biegt plötzlich gegen das Schirmcentrum hin um, und vereinigt sich, dort angelangt, mit den von den andern Pfeilern ausgehenden zu dem regelmässigen Kreuze, das dieser Schirmseite ein so auffälliges Aussehen verleiht.

Auch die Gastrogenitalmembran (*M. gg.*) setzen sich auf diese Schirmseite fort. Der jeweils gegen den Perradius gerichtete Rand derselben bleibt immer in Continuität mit der Röhre, die von der axialen Pfeilerplatte sich herleitet, der andre aber geht, nachdem die abaxiale Pfeilerplatte in die Schirmmasse eingetreten ist, von dieser auf die Schirmunterseite über. Ausser einer nicht unbeträchtlichen Verbreiterung derselben geht in dem sonstigen Verhalten der Gastrogenitalmembran keinerlei Aenderung vor; sie bleibt ebenso dünn und zeigt noch die-

selben Falten. Mit ihr verbreitert sich natürlich auch die Höhlung der Centralcavität (Fig. VIII, *C'. c'.*), die nun zwischen ihr und der Schirmmasse eingeschlossen ist.

Befremdend treten beim ersten Anblick die Genitalklappen auf, mächtige, massive Gallertlamellen, welche für gewöhnlich fast den ganzen, der Schirmfläche angehörigen Theil der Centralhöhle auf der oralen Seite überdecken (vgl. Fig. VIII; *V. g.*). Man könnte sie beinahe für Fortsetzungen der nach innen gerichteten freien Ränder der abaxialen Pfeilerplatte halten, sie sind jedoch von diesen durch einen tieferen Einschnitt sehr scharf abgesetzt; überdies beweist, wie wir später sehen werden, die Vergleichung mit der Gattung *Rhizostoma*, dass wir es hier mit dem Homologon eines dort sich vorfindenden Gebildes zu thun haben, das hier eine excessive Entwickelung erreicht, dort aber nichts mit den Pfeilern gemein hat. Wir glauben demnach berechtigt zu sein, die Genitalklappen als selbständige Gebilde auffassen und behandeln zu dürfen.

Die Genitalklappen entspringen aus der Schirmmasse seitlich längs der Linie, in welcher die Gastrogenitalmembran in den Schirm übergeht. Jede der vier Klappen besteht aus zwei Hälften, welche sich unter einem beinahe rechten Winkel unweit des Schirmcentrums mit einander vereinigen, und von denen jede einem andern Aste der Centralhöhle angehört. Die Verschmelzungsstelle beider Hälften, der Schwerpunkt sozusagen, liegt im Interradius, so dass wir trotz der stark an den Perradius angenäherten Lage berechtigt sind, ihnen eine interradiale Lage zuzuweisen. Wir wollen hier schon hinzufügen, dass auch bei *Rhizostoma* das von uns als mit den Genitalklappen morphologisch gleichwerthig angesehene Gebilde interradial gelegen ist.

Die sämmtlichen Klappen bilden, wenn zusammengelegt, eine Figur, die man füglich mit einem Maltheserkreuz vergleichen kann, da die einzelnen Arme des Kreuzes gegen die Enden hin sich verbreitern. In Fig. VIII sind links die beiden zu einem Aste der Centralhöhle gehörigen Schenkel zweier Klappen auseinandergeschlagen, um die Insertion der Gastrogenitalmembran an ihrer Basis zu zeigen; zugleich ist hier ersichtlich, wie die abaxiale Pfeilerplatte endigt, resp. in wiefern sie mit den Genitalklappen zusammenhängt. Das Verhalten der Genitalklappen zu der Insertionsstelle der Gastrogenitalmembran ist dargestellt auf einem Durchschnitt durch den Schirm in Fig. X, der senkrecht auf einen Perradius geführt ist. Wir wollen aber hier schon bemerken, dass das Lumen der Centralhöhle *(C'. c'.)* hier nicht völlig beschaffen ist, wie es der Fig. VIII entsprechen würde, da wir in diesen Theilen einigen Variationen begegnet sind, die wir nachher noch zu besprechen haben werden.

Ueber die Gestalt der Genitalklappen gibt unsere Fig. VIII genügenden Aufschluss. Ihre Höhe, d. h. die Entfernung ihres freien, scharfen Randes von der Ansatzstelle am Schirm ist

schwankend, 3—4 Cm. dürften vielleicht die Norm bezeichnen. An der Umbiegungsstelle der beiden Hälften ist sie jedoch geringer. Ebenso ist ihre Dicke eine recht ansehnliche, bis 1 Cm. und darüber. Wenn der Querschnitt Fig. X, der in natürlicher Grösse gezeichnet ist, eine geringere Dicke aufzuweisen hat, so ist dabei zu bemerken, dass er von einem kleineren Exemplare stammt.

Um aber die Beschreibung der Centralhöhle noch völlig zu Ende zu führen, wird es nothwendig, unsere Aufmerksamkeit nach der Armscheibe (Fig. III, *A. Sch.*; Fig. XI A.), besonders der aboralen Seite derselben, zuzuwenden.

Wie schon oben bemerkt, bildet die Armscheibe eine Art von kleinerer Glocke, die dem Hauptschirm der Meduse in einer geringen Entfernung parallel sich erstreckt (Fig. III, *A. Sch.*). Ihr viereckiger Umriss auf der aboralen Seite, die uns hier zunächst nur interessirt, wird bedingt durch die Insertionen der oralen Enden der Pfeiler an ihr, die in die vier Ecken des Quadrats eintreten (vgl. Fig. XI A., welche die Armscheibe eines ansehnlichen Exemplares in natürlicher Grösse und von oben gesehen darstellt). Diese Fläche ist, abgesehen von ihrem complicirten Relief, im Allgemeinen abgeflacht, während die untere tief ausgehöhlt erscheint.

Durch die Pfeilerinsertionen sind uns die Richtungen der Perradien gegeben, die also nach den Diagonalen des Quadrates verlaufen. Zunächst fällt uns ein interradiales, stark entwickeltes Gallertkreuz in die Augen, dessen vier Aeste je in den Halbirungspunkten der Seiten endigen. (Fig XI A; *z*, *z*.) Die dem Beschauer zugewandte Fläche des Kreuzes ist bei verschiedenen Exemplaren verschieden gewölbt; zuweilen einfach halbcylindrisch, oder aus zwei dachförmig gegeneinandergeneigten fast ebnen Flächen gebildet, die in einer abgerundeten Kante zusammenstossen, oder endlich, wie in unserer Fig. XIV, *z*, mit rundlichen Seitenflächen, auf welchen eine besonders abgerundete Firste ruht. Das Gallertkreuz ist durch und durch solide.

Die an den Ecken des Quadrates auftretenden Pfeilerquerschnitte sind uns schon bekannt. Das Verhalten der beiden Platten, aus welchen sie sich zusammensetzen, ist ganz dem an der oralen Schirmseite analog. Die dicke abaxiale Platte geht gleich in der Masse der Armscheibe auf, wie oben in der des Schirmes, während die axiale noch selbständig gegen das Centrum der Armscheibe hinstrebt, ohne jedoch dasselbe zu erreichen. Sie trifft hier vielmehr auf den Zusammenfluss der Arme des Gallertkreuzes und verschmilzt mit ihnen. Die Rinne der abaxialen Pfeilerplatte setzt sich auch nach dem Aufgehen dieser in der Gallertmasse der Armscheibe noch auf dieser letzteren fort und zieht in der einmal innegehaltenen Richtung bis zum Zusammenfluss der Kreuzschenkel. Zwischen der Fortsetzung der axialen Pfeilerlamelle und der Armscheibe besteht die nämliche Verbindung wie vorher zwischen der ersteren und der

abaxialen Platte; die dünne gefaltete Gastrogenitalmembran findet sich auch hier. Ihr genaueres Verhalten an ihrem dortigen Ende haben wir nicht verfolgt.

Der Hohlraum der Centralcavität senkt sich unweit des Centrums der Armscheibe in die Tiefe der letzteren ein. Aus dem Schnitt durch die ganze Meduse Fig. III ergibt sich, dass eine Communication der in ein und derselben Perradialebene gelegenen Aeste der Centralhöhle im Innern der Armscheibe sicher nicht in dieser Ebene, wahrscheinlich überhaupt nicht, existirt; es ist vielmehr anzunehmen, dass jeder der vier Aeste in der Armscheibe sich einfach dichotomisch in je zwei Canäle theilt, von denen jeder in den entsprechenden Arm sich fortsetzt.

Wir haben nun noch einiger Abweichungen, denen wir begegnet sind, von den hier besprochenen Verhältnissen kurz zu gedenken. Es versteht sich von selbst, dass wir keineswegs die Möglichkeit bestreiten wollen und können, dass das, was wir hier als Variation bezeichnen, vielleicht bei Untersuchung einer grösseren Anzahl von Individuen sich als Regel herausstellt, und unsere als normal hingestellten Befunde sich als Ausnahmen erweisen. Um darin ganz sicher zu gehen, muss man mehr Exemplare untersuchen, als uns während der kurzen Zeit zu Gebote standen und als wir verarbeiten konnten. Wir haben im Allgemeinen die Befunde als Norm zu Grunde gelegt, welche uns die anscheinend kräftigsten Individuen, mit plastischem Relief etc. zeigten.

Kommen wir zunächst auf das Gallertkreuz auf der oralen Schirmseite zurück, so haben wir nicht bei allen Exemplaren das Verhalten so gefunden, wie es unsere Fig. VIII darstellt. Hier setzt sich die axiale Pfeilerlamelle rinnenförmig zusammengerollt auf den Schirm fort; andere Individuen zeigten aber, dass diese Rinne auf dem Schirm sehr seicht werden, dagegen die Lamelle sich stark verdicken kann, so dass sie kammartig vorspringt. Dies ist in Fig. X dargestellt, die einen Schnitt senkrecht auf einen Ast der Centralhöhle darstellt. Die Stelle, an welcher die Aeste des Gallertkreuzes zusammentreffen, wird durch successive Verbreiterung derselben je näher dem Mittelpunkt, häufig quadratisch, wobei die Diagonalen des Quadrates in die Richtung der Perradien fallen. Dies stimmt mit dem Befunde überein, den uns Häckel in seiner Fig. 2 Taf. XXXVIII mittheilt. — Eine fernere Abweichung von dem, was wir als Norm ansehen, zeigt die Fig. XI. B, die in natürlicher Grösse von der Aboralseite der Armscheibe eines kleinen Exemplares entnommen ist. Hier weichen die Ränder der Furchen, die sich von den axialwärts gebogenen Rändern der Abaxialplatten der Pfeiler auf die Scheibe fortsetzen, um so mehr aus einander, je näher sie dem Centrum kommen, so dass die Halbröhren der axialen Platten wie in weite Buchten eingesenkt erscheinen. — Endlich haben wir noch der eigenthümlichen Divertikel zu erwähnen, die in unserer Fig. XI. A der Rinne über

der Armscheibe ansitzen, die sich auch nicht überall fanden, also wohl nicht als normales Vorkommen anzusehen sein dürften.

Die Geschlechtsorgane, zu denen wir uns nun wenden, liegen in der Gastrogenitalmembran, wie bei *Rhizostoma*, *Pelagia*, *Aurelia* etc. auch. Da wir, wie schon bemerkt, keine geschlechtsreifen Exemplare getroffen haben, so sind wir nicht in der Lage, mit Sicherheit anzugeben, ob die Geschlechtsprodukte überall zur Entwickelung kommen, so weit diese Membran sich hinerstreckt. Wir haben indessen in gewissen Analogieen mit dem Verhalten bei andern phanerocarpen Medusen einige Anhaltspunkte, diese Frage in bejahendem Sinne zu beantworten.

Unter dem Namen »Genitalwülste« sind bei diesen Medusen hufeisenförmig gebogene Verdickungen in der Gastrogenitalmembran bekannt, die meist in der Vierzahl und interradial gelegen auftreten. Diese Wülste sind, wenn die Geschlechtsprodukte sich entwickeln, stark krausenartig gefaltet, dick, undurchsichtig, und hängen dann oft aus den sogenannten Genitalhöhlen oder Subgenitalhöhlen (den Respirationshöhlen älterer Autt.) heraus. In die Magen- oder Centralhöhle hinein ragen zahlreiche, bewegliche, tasterartige Gebilde, die den Genitalwülsten meist aufsitzen, oder die doch wenigstens in der Nähe derselben gelegen sind.*)

Solche Wülste mit den tasterartigen Fortsetzungen der Gastrogenitalmembran nach innen finden sich auch bei der *Crambessa* wieder, und wir haben vielleicht das Recht, daraus den Schluss zu ziehen, dass hier die topographischen Beziehungen beider zu der Region, wo die Genitalprodukte reifen, dieselben sein mögen, wie etwa bei *Rhizostoma.* Es finden sich ebenfalls vier solcher Wülste, aber ihr Verlauf ist ein etwas complicirterer, als es sonst meist der Fall ist, obschon die Reduction auf das Grundschema keine Schwierigkeit darbietet. Ihre grössere Complication ist bedingt durch die der Centralhöhle, die sie überall begleiten. Sie beginnen demnach auf der Aboralseite der Armscheibe und nehmen jederseits die Mitte der quergefalteten Gastrogenitalmembran ein, so dass jeweils die axiale Pfeilerlamelle von den Anfängen zweier Genitalwülste gesäumt erscheint (Fig. XI A, B), laufen am Pfeiler hinauf, dann unter den Schirm bis gegen das Centrum. In der Nähe des Kreuzmittelpunktes biegen sie rechtwinklig und nach entgegengesetzten Seiten um, und wenden sich wieder der Schirmperipherie zu (Fig. VIII), um dann wieder auf dem andern Pfeiler gegen die Armscheibe herabzusteigen, wo sie enden. Theilt man deshalb auf der aboralen Seite der Armscheibe

*) Vergl. über diese Gebilde Fritz Müller, Die Magenfäden der Quallen in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858 p. 542, wo der Verf. eine functionelle Beziehung derselben zu den Genitalien in Abrede stellt, da sie bei der Gattung *Tamoya* weit von den letzteren entfernt liegen.

diese durch die Perradien in vier Dreiecke, so gehören immer diejenigen beiden Stücke der Genitalwülste, die in ein und dasselbe Dreieck fallen, als Anfang und Ende zu einander. Wie wir die Lage der Genitalklappen gewissermaassen nach der Lage ihres Schwerpunktes als interradial bestimmten, so müssen wir den Genitalwülsten aus denselben Gründen die gleiche Lage anweisen, wie es auch mit den analogen Verhältnissen bei den verwandten Rhizostomeen, ferner bei *Aurelia*, *Pelagia* etc. übereinstimmt.

Auf den ersten Anblick scheinen die Genitalwülste aus länglichen, spindel- oder haferkornähnlichen Kapseln zu bestehen, die zwischen den Querfalten der Gastrogenitalmembran, parallel mit den Falten, bis zur Berührung dicht neben einander eingelagert sind. In der That hat sich Häckel durch diesen Anschein verführen lassen, von »Genitalkapseln« zu sprechen, obgleich sicher auch in der Jahreszeit, in welche seine Beobachtungen fallen, dieser Ausdruck ebenso unberechtigt war, wie in unserer. Schneidet man nämlich die Gastrogenitalmembran eine Strecke weit von ihren beiderseitigen Insertionen los, und breitet die Falten so gut es gehen will aus, so erkennt man leicht, dass von besonderen Kapseln nicht die Rede sein kann, sondern dass es nur locale Verdickungen sind, welche die Falten an einer Stelle stark bauchig in Gestalt von Kapseln vortreten lassen. Auf der Innenseite der Gastrogenitalmembran zieht sich nämlich ein streifenartiges Feld in der ganzen Erstreckung der Membran hin, welches mit den schon besprochenen Magenfäden dicht besetzt ist. Diese sitzen auch in den Vertiefungen der Falten und treiben diese durch ihre massenhafte Anhäufung so stark hervor, dass sie kapselartig erscheinen. Dazu kommt noch, dass sie durch ihre gelblichweisse Färbung sich von der opalisirenden Grundsubstanz der Umgebung scharf abheben, was die Täuschung noch erleichtert. Eine nähere Betrachtung klärt aber über den wahren Sachverhalt bald auf.

Im Allgemeinen haben wir nun gefunden, dass diese Magenfäden der Gastrogenitalmembran über deren ganze Erstreckung hin folgen; nur in einem einzigen Falle, bei einem intensiv gebräunten Exemplare, das in Bezug auf Grösse zu den kleinsten beobachteten gehörte, beschränkten sie sich auf die Oralseite des Schirmes bis zur Insertion der Pfeiler — es war dies das Thier, an welchem diese Gegend den oben schon angeführten grünlichen Ton aufwies.

Auf der Aboralseite der Armscheibe treten die Falten der Gastrogenitalmembran häufig aus den Rinnen, in welche sie eingesenkt erscheinen, hervor wie gewulstete Krausen. Wo diese Rinnen aber zu weiten klaffenden Spalten werden, wie in Fig. XI B, sind sie mehr gespannt und liegen in der Tiefe.

Von der Innenseite aus betrachtet bietet der mit Magenfäden besetzte Streif ein zottiges

Aussehen, etwa mit einem Dünndarmstück vergleichbar. — Wir konnten die Magenfäden keiner sehr eingehenden Untersuchung unterwerfen; sie sind äusserst beweglich, dehnen und contrahiren sich, wenden sich bald hier, bald dorthin, und behalten, wie schon O. Fr. Müller bei *Aurelia* gefunden, ihre Beweglichkeit noch eine Weile nachdem sie abgerissen worden sind. Mit der Contraction werden sie spindelförmig, sonst sind sie cylindrisch mit dünner Anheftungsstelle. Ob sie hohl sind, wie ältere Forscher wollen, oder solid, wie Fr. Müller (l. c.) und Andere meinen, wagen wir nicht zu entscheiden. Aeusserlich sind sie mit einem leicht körnigen, Cilien tragenden Epithel überzogen, zwischen dessen Zellen einzelne Nesselkapseln eingestreut sind; an dem freien Ende häufen sich diese zu einer Art von Nesselknopf (vgl. Fig. XII).

Gesetzt, die Genitalprodukte reifen überall da, wo diese Magenfäden sich finden — was bei dem Fehlen anderer als der gewöhnlichen topographischen Beziehungen schwer zu behaupten ist — so erreicht die Genitalregion hier eine ungewöhnlich beträchtliche Grösse. Bei ansehnlicheren Exemplaren beträgt die Länge eines einzelnen Genitalbandes, selbst abgesehen von den Kräuselungen, mindestens 1 Fuss Länge, alle vier zusammen aber 4 Fuss, eher darüber als darunter.

Wenn wir nun zur Vergleichung unserer Befunde über die Centralhöhle und ihre Appendices, als Genitalien etc., mit dem von Häckel darüber Berichteten übergehen, so treffen wir auf so wesentliche Differenzen, dass man denken könnte, es handelte sich um himmelweit verschiedene Thiere — ein Gedanke, der aber nach der Sachlage nicht aufkommen kann.

Nach Häckel findet sich bei *Crambessa* nur eine einzige, kreuzförmige Genitaldrüse, die sich in der Mitte des Schirmes, auf der aboralen Seite des Magens (unserer Centralhöhle) befindet. Zwischen der Membran, welche die »Geschlechtskapseln« trägt, und der Schirmgallerte soll sich eine einfache, kreuzförmige »Geschlechtstasche« befinden; darunter, oralwärts von ihr, nur durch die ebengenannte Membran von ihr getrennt, folgt die Magenhöhle, als flache, in Form und Grösse wenig von der Geschlechtstasche verschiedene Tasche, die wieder auf ihrer Oralseite abgeschlossen wird durch die Armscheibe. Vier durch diese führende Oeffnungen sollen in die Canäle der Arme leiten. — Zwischen die Pfeiler hinein sollen sich in die Magenhöhle vier interradiale sog. »Subgenitalhöhlen« vorwölben als »geräumige, gewölbte Taschen, deren Umriss die Form eines gleichseitigen Dreieckes von 50 Mm. Seitenlänge« hat, »der äussere Eingang in jede Subgenitalhöhle ist ein zweischenkliger Spalt von 10—15 Mm. Breite, der unmittelbar in dem Winkel zwischen zwei benachbarten Kreuzschenkeln liegt, und in peripherischer Richtung durch die centripetal vorspringende Subgenitalklappe begrenzt und ver-

engt wird. Die letztere ist ein dickes Gallertstück von 30 Mm. Länge und Breite, beinahe von der Form einer dreiseitigen Pyramide mit abgerundeter Spitze. Die eine Kante derselben verläuft radial in der Mitte der Klappe.«

Wir haben hier das Wesentlichste der Darstellung Häckel's theilweise mit seinen eigenen Worten wiedergegeben, und wollen nun sehen, wie sie sich zu unserer verhält.

Zunächst ist das, was Häckel als »Geschlechtstasche« bezeichnet, ein Theil der Magenhöhle oder Centralhöhle, und zwar derjenige, der sich unter dem Schirm ausbreitet in Form eines Kreuzes. Dass diese Höhle sich in die vier Pfeiler fortsetzt, hat Häckel übersehen. Auch in seiner schön gezeichneten Fig. 2 sind an den Enden des Kreuzes die Pfeilerinsertionen ausgeblieben; er führt die von uns als Gastrogenitalmembran aufgeführte faltige Haut um das peripherische Ende des »Gallertstabes« herum continuirlich fort, statt sie beiderseits sich auf den Pfeiler fortsetzen zu lassen, so dass allerdings eine einfache, kreuzförmige Genitaldrüse resultirt, was aber dem Sachverhalt in keiner Weise entspricht. Eine Vergleichung unserer beiderseitigen Abbildungen zeigt den Irrthum Häckel's besser, als eine lange Darstellung mit Worten.

Dass eine »Magenhöhle«, wie sie Häckel beschreibt, zwischen unserer Gastrogenitalmembran der Schirmseite nach der einen, und der Armscheibe nach der andern Seite hin nicht existirt, ist ebenfalls sicher. Dieser Raum ist blos partiell begrenzt und abgeschlossen durch die vier Pfeiler; zwischen diesen kann das Wasser frei hindurchströmen. Man könnte höchstens hier von einer einzigen, kreuzförmigen, nach vier Richtungen hin offenen Subgenitalhöhle sprechen, doch deckt sich dieser Begriff wieder nicht wohl mit dem an einen Kreuzgang erinnernden Raum zwischen Schirm und Armscheibe. Es fehlt, um das Wort »Subgenitalhöhle« hier mit Fug und Recht auf unsere *Crambessa* anzuwenden, die eingestülpte Membran zwischen den einzelnen Pfeilern. Wir wollen übrigens mit Niemand rechten, der trotz dieser Bedenken unsererseits diesen Ausdruck anwenden will; sicher ist nur, dass Subgenitalhöhlen der Art, wie sie Häckel von unserer Meduse beschreibt, zeichnet und misst, hier gar nicht vorkommen.

Ferner existirt auf der Unterseite des Schirmes von *Crambessa* kein solches Gebilde, wie die von Häckel beschriebene und abgebildete pyramidenförmige »Subgenitalklappe«. Wohl finden sich solche Höcker, interradial gelegen, bei *Rhizostoma*, und wenn wir später auch zeigen werden, dass das, was wir »Genitalklappen« genannt haben, sich auf jene Bildung leicht zurückführen lässt, so müssen wir doch die Anwesenheit von Genitalklappen oder Subgenitalklappen — nenne man sie wie man will — in der von Häckel angegebenen Form entschieden in Abrede stellen.

Ebenso fehlen auf der Aboralseite der Armscheibe die vier Oeffnungen, die nach Häckel aus seiner vermeintlichen Magenhöhle in die Arme führen sollen.

Eine Erklärung dieser, wie man sieht, sich sehr entschieden gegenüberstehenden und für die Art der Auffassung des Thieres sehr wesentlichen Befunde können wir zu geben nicht versuchen. Wir wollen nur wiederholen, dass unsere Untersuchungen nicht an einem Tage, und nicht an einem Exemplare angestellt, sondern längere Zeit und über zahlreiche Exemplare ausgedehnt wurden; ferner, dass unsere Zeichnungen an Ort und Stelle entworfen, und grösten-theils auch völlig ausgeführt wurden. Einiges andere, was sicher nicht gegen unsere Darstellung zeugen kann, wird weiter unten, bei Besprechung der Stellung der *Crambessa* im System, zur Sprache kommen.

4. Das peripherische Canalsystem der Crambessa.

Das peripherische Canalsystem unserer Meduse besteht aus den 16 Radiärcanälen, die wieder in verschiedene Categorieen zerfallen; aus einem Ringcanal und einem weitmaschigen Netz von Gefässen, welches die ersteren unter sich, sowie mit dem letzteren verbinden. — Wir lassen vorläufig die Canäle in den Armen, die in Bezug auf die Centralhöhle auch als peripherisch aufgefasst werden können, ausser Betracht, um sie bei Gelegenheit der Schilderung der Arme zu berücksichtigen.

Die peripherischen Canäle der Medusen sind bei Anwendung der einfachsten Injections-technik ein durchaus nicht schwierig zu untersuchendes Röhrensystem; vielfach ist selbst eine Injection überflüssig, da häufig die Canäle durch die durchsichtige orale Decke des Gallert-schirmes, die ihnen unmittelbar aufliegt, als mehr oder weniger opake Streifen durchschimmern. Zuweilen ist es das etwas trübe Epithel (Endoderm) der Canäle, welches diese geringe Durch-sichtigkeit veranlasst, andere Male der Canalinhalt, der Chymus, der durch zahlreiche auf-genommene Partikel trübe erscheint.

Was bis jetzt sowohl durch Häckel, als durch uns von dem Verlaufe, der Art und Weise der Verästelung etc. dieser Canäle bei *Crambessa Tagi* untersucht worden ist, verdankt der letztgenannten Methode der einfachen Beobachtung seinen Ursprung und nicht der Injection. Soweit es die hier zu besprechenden Verhältnisse betrifft, gestehen wir gerne zu, dass die Beobachtungen Häckel's vollständiger sein, und eher den typischen Zuständen entsprechen mögen, als die unserigen. Nicht alle Exemplare nämlich zeigen ohne Injection des Canal-systemes dasselbe deutlich, wir haben im Gegentheil unter sämmtlichen von uns untersuchten,

nur ein einziges gefunden, an welchem namentlich das peripherische Netz bis zu einem gewissen Grade deutlich war, und dieses müssen wir unserer Darstellung zu Grunde legen. Die Beschaffenheit gerade dieses Exemplares legt aber den Gedanken nahe, dass bezüglich der Abweichungen von den Befunden Häckel's wir insofern im Nachtheil sind, als dasselbe kein normal ausgebildetes war; es war nämlich das schon mehrfach erwähnte kleine, braune, mit der nur auf den Schirm beschränkten grünlich durchscheinenden Genitalregion. Auf dem dunkeln Hintergrunde des Schirmes hoben sich die Gefässe deutlich ab, wenn auch nicht bis in alle Verzweigungen des Randmaschennetzes hinein, und darnach wurde unsere Fig XIII entworfen. — Häckel rühmt seinerseits die Deutlichkeit, mit welcher bei seinem Exemplare diese Canäle hervortraten.

Wie schon früher bemerkt, unterscheiden wir vier perradiale, vier interradiale und acht adradiale Canäle, die von dem Schirmtheil der Centralhöhle aus nach der Schirmperipherie hinziehen.

Diese Canäle sind ungleich lang; die kürzesten sind die perradialen (Fig. XIII; *C. p.*), die an der Insertion der Pfeiler am Schirme die Centralhöhle verlassen, und in der directen Verlängerung des Mittelkreuzes gegen die Peripherie, und zwar auf die perradialen Sinnesorgane zu, hinziehen. Die vier interradialen Canäle (Fig. XIII.; *C. int.*) sind die längsten. Sie entspringen an der Stelle, wo die beiden Hälften der Genitalklappen unter einem rechten Winkel zusammentreffen, und verlaufen auf die interradialen Sinnesorgane zu. — Die acht adradialen Canäle (Fig. XIII; *C. ad.*) stehen in Bezug auf ihre Längenentwickelung zwischen den beiden vorigen. Wie schon früher bemerkt, verlaufen sie nicht genau in der Richtung eines Radius; bei Verlängerung nach rückwärts, gegen das Centrum des Schirmes hin, würden sie dieses nicht treffen, sondern den zugehörigen Perradius in einiger Entfernung diesseits vom Centrum schneiden. Ihr Verlauf zeigt also eine Annäherung zum Parallelismus mit den interradialen Canälen. Sie entspringen aus der Centralhöhle ungefähr an der Stelle, wo die abaxiale Lamelle des Pfeilers beim Eintritt in die Gallertmasse des Schirmes durch einen tiefen Einschnitt von den Enden der Genitalklappen abgesetzt erscheint. In den Häckel'schen Zeichnungen (l. cit. Taf. XXXVIII Fig. 2; Taf. XXXIX Fig. 3) ist die Richtung dieser Canäle irrigerweise als gerade auf das Centrum zustrebend wiedergegeben; ferner ist ihre Insertion an den Stamm der Centralhöhle etwas zu weit centralwärts gezeichnet, während sie in der That unter die Ecken der querabgestutzten Enden des Kreuzes (die freilich Häckel auch als gerundet abbildet) sich verlieren.

Alle diese Canäle haben, wenigstens weiter gegen die Peripherie zu, ein flaches und un-

regelmässiges Lumen. Im Allgemeinen scheinen sie nicht über das Niveau der oralen Schirmfläche vorzutreten, doch ist uns in dem Exemplare, welchem die Fig. VIII entnommen ist, eine leistenartige Vorragung des centralen Theiles der Interradialcanäle, die nur daran kenntlich waren, aufgefallen.

Da wo die dicke centrale Schirmmasse fast plötzlich in die dünne Randpartie übergeht, münden alle Radiärcanäle in den Ringcanal (Fig. XIII; *C. ci*). Dieser ist durchaus unregelmässig und eigentlich bezüglich seiner Erscheinung nur als eine kreisförmig verlaufende Erweiterung des gleich zu erwähnenden Gefässnetzes zwischen den einzelnen Radiärcanälen aufzufassen. Ueber den Ringcanal hinaus erstrecken sich die Radiärcanäle unter Verschmälerung und beträchtlicher Einbusse an Regelmässigkeit der Conturen bis gegen die Peripherie. Dort theilen sie sich gabelförmig, wie Häckel berichtet; wir können dies wenigstens für die zu den Sinnesorganen sich erstreckenden bestätigen.

Unter sich stehen nun die Radiärcanäle sowohl innerhalb als ausserhalb des Ringcanales in Connex durch ein reiches Maschennetz. An den interradialen Canälen sehen wir in unserm Falle (vgl. Fig. XIII) bald nach dessen Ursprung zuerst kurze, dann längere, sich mehrfach theilende Ausläufer; endlich treten von beiden Seiten zahlreiche Canäle von sehr ungleicher Weite ab, die sich unter Bildung von sehr zahlreichen Anastomosen mit entsprechenden Ausläufern der nächstgelegenen adradialen Canäle, sowie mit solchen, die vom Ringcanale herstammen, in Verbindung setzen. Aehnlich ist es bei den perradialen und adradialen Canälen, nur waren in unserem Falle an solchen keine blind endenden Ausbuchtungen an diesen vorhanden, sondern die Aeste bildeten gleich Anastomosen. Die von dem Canalnetze umschlossenen Maschenräume sind mehr oder weniger abgerundet, aber äusserst mannigfaltig in Form und Grösse; das ganze Maschenfeld war in unserem Falle gegen das Schirmcentrum zu concav (Fig. XIII; *P. ic.*), während nach Häckel die Mitte des Feldes gegen das Schirmcentrum convex vorspringt. Dies letztere Verhalten dürfte, wenn man die Analogie mit den übrigen näher bekannten Rhizostomeen hereinziehen darf, wohl mehr Aussicht haben, als normales angesehen zu werden. — Auch ausserhalb des Ringcanales befindet sich ein solches Maschennetz zwischen diesem und den Fortsetzungen der Radiärcanäle (Fig. XIII; *P. ec.*). Wir haben davon nur sehr wenig gesehen, da dasselbe viel weniger deutlich sich hervorhob, als innerhalb des Ringcanales. Nach Häckel sind hier die Maschen viel zahlreicher und kleiner, und an den Schirmzipfeln bildet ein sehr feiner Saumcanal den Abschluss des Canalsystemes. — Ausserdem beschreibt Häckel in den extracirculären Gefässfeldern zwischen den verlängerten Radiärcanälen noch je drei radiale kurze Canäle, die unter sich gleichweit entfernt auf die Ein-

schnitte des Scheibenrandes zulaufen und sich sowohl hier als an ihrem centralen Ende gabelig theilen. — Uns fehlen über diese Canäle die Beobachtungen.

5. Die Arme der Crambessa.

Bevor wir uns zur Beschreibung der Arme selbst wenden, müssen wir noch einmal auf die Armscheibe zurückkommen, deren aborale Seite wir schon oben, bei Besprechung der Centralhöhle und Genitalorgane, zu schildern nicht umgehen konnten.

Die Form der Armscheibe von der oralen und aboralen Seite her ist schon geschildert, ebenso schon früher bemerkt worden, dass sie, durch die Aushöhlung von der oralen Seite her, einen Rand besitzt, der dicker ist, als ihr Centrum.

Fig. XIV stellt die Armscheibe von der Seite dar, und zwar würde die Ebene, welche die Figur senkrecht auf die Papierfläche in eine rechte und linke Hälfte theilen würde, einen Interradius in sich aufnehmen. Nach oben sind zwei der zum Schirm gehenden Pfeiler gezeichnet, nach unten die Basen von vier Armen.

Zwischen den beiden Pfeilern tritt an der Armscheibe in unserer Zeichnung ein Gebilde von dreilappigem Umriss, etwa mit einem Kleeblatt vergleichbar, stark vorragend hervor. Wie ein Blick auf die Fig. XI A, die eine Ansicht der aboralen Fläche der Armscheibe gibt, lehrt, entspricht der mittlere Vorsprung einem Arme des interradialen Gallertkreuzes *z*, bietet also ein Bild seiner Endfläche; die beiden seitlichen, ohrartig geformten Flächen *y* aber sind die Profilansichten von höckerartigen Erhabenheiten, die bei grösseren Exemplaren meist gut ausgebildet zwischen der Pfeilerinsertion und dem Gallertkreuz liegen und die häufig von einer Art von kantig vorragendem Saume eingefasst sind (Fig. XI A, *y*.). Unter der Endfläche des Kreuzes ist zuweilen eine grubenartige Vertiefung bemerklich.

Die Arme gehören nun im Ursprunge paarweise zusammen, und jedes Paar zu einem Pfeiler. Wenn auch die Hauptmasse des Armes eine directe Fortsetzung der Armscheibe ist, so tritt doch von den Pfeilern nach jedem der zugehörigen Arme auf der abaxialen Seite eine wulstartig vorspringende Strebe, die mit der Armbasis verschmilzt (Fig. XIV; *q*.). Sonst sind, soviel wir uns erinnern, keinerlei weitere Anzeichen der Zusammengehörigkeit des betreffenden Paares vorhanden, namentlich sind nicht, wie bei der nachher zu besprechenden Rhizostomide hervorzuheben sein wird, die Arme paarweis etwas enger mit einander verwachsen, als die benachbarten Arme zweier verschiedenen Paare.

Die Arme zeigen eine sehr kräftige Entwickelung, sowohl was ihre Dicke, als ihre Länge

anbelangt. Nahe an der Basis haben sie einen ovalen Querschnitt, der mit der längeren Axe radial gestellt ist; den so beschaffenen kürzeren Abschnitt wollen wir mit Häckel Oberarm nennen (Fig. III, XIV, XV; *Br. s.*). Die Grenze desselben gegen den Unterarm wird bestimmt durch das Auftreten zweier flügelartiger Lappen (Fig. XIV, XV; *F. ab.*) auf der abaxialen Seite des Armes, welche eine tiefe Furche begrenzen, so dass nun der Querschnitt etwa einem dreischneidigen Dolche ähnlich wird. Der Unterarm spitzt sich pyramidal zu (vgl. Fig. I).

Wie die beiden abaxialen Flügel des Unterarmes trägt auch die axiale Seite des Armes in seiner ganzen Länge die charakteristischen Krausen der Rhizostomeen, an deren freien Rändern sich die vielbesprochenen Mundöffnungen befinden. Den äussersten Säumen namentlich ist die schon erwähnte gelbliche Färbung eigen.

Der Oberarm verläuft leicht gebogen und nimmt gegen den Beginn des Unterarmes hin an Breite etwas ab, gewinnt aber dafür an Dicke. Auf seiner axialen Seite trägt er einen vorspringenden Kamm mit abgerundeter, höckeriger Kante, welchem seitlich die schon erwähnten mundtragenden Lappen alternirend aufsitzen. Diese Lappen treten schon auf der oralen Seite der Armscheibe auf, von wo aus der Kamm sich auf den Arm fortsetzt; dort sind sie aber noch klein, und sie entwickeln sich um so mehr, je weiter abwärts am Arme sie gelegen sind, und entsprechend complicirt sich auch die Kräuselung ihres freien Randes (Fig. XV A.).

Die von den Armen, resp. deren Axialseite auf die Armscheibe sich fortsetzenden Kämme treten dort zu einer charakteristischen Figur zusammen. Sie vereinigen sich je paarweise, und zwar sind es höchst wahrscheinlich (wir können es nicht mehr constatiren) die zwei je einem Pfeiler angehörigen Arme, deren Kämme so unter einem spitzen Winkel in einen einzigen Kamm zusammenfliessen, der in der Richtung der Resultante eine kurze Strecke sich fortsetzt, um dann mit einem entsprechenden Stamm des einen der benachbarten Paare unter einem stumpfen Winkel zusammenzutreffen. Die Kämme der andern beiden Paare haben sich in der gleichen Weise vereinigt, und die Scheitel dieser beiden Systeme stehen nun noch durch ein kurzes Verbindungsstück in Zusammenhang. Breitet man demnach die Armscheibe von ihrer oralen Seite her aus (Fig. XV A.), so wird ihre achteckige Fläche durch die erwähnten vorspringenden Leisten in acht Felder getheilt; zunächst zwei diametral gegenüberstehende, die im Centrum mit ihren abgestutzten Ende zusammentreffen (I, I); dann zwei andere, ebenfalls diametral einander entgegengesetzte, die um die Breite der Enden der ersteren von einander getrennt bleiben und in eine stumpfwinklige Ecke auslaufen (II, II); und endlich in vier kleine, die von je einem Feld aus den beiden ersten Categorieen seitlich begrenzt werden und die nach innen in einem spitzen Winkel enden (III, III, III, III).

Wir haben es hier mit einer Andeutung bilateraler Symmetrie zu thun, wie sie sonst die übrige Organisation unserer Meduse nicht aufweist. Um den ganzen Medusenkörper auf Grund der Andeutungen, welche uns die Oralseite der Armscheibe an die Hand gibt, in zwei seitlich symmetrische Hälften zu zerlegen, haben wir die Wahl zwischen zwei auf einander senkrechten Ebenen. Die eine würde durch die Axe und durch die Mittellinie der Felder I, I, die andre durch die Axe, und durch die Mittellinie der Felder II, II zu legen sein. Dies ist nun, streng genommen, keine bilaterale Symmetrie mehr, welche noch überdies die Ausbildung von Bauch- und Rückenseite, und zwar in der Richtung des Verlaufes der Axe, voraussetzt; es ist vielmehr jene Symmetrie, die wir bei den Ctenophoren realisirt finden, den sogenannten zweistrahligen Strahlthieren (*Heterostauren*, Häckel).

Dass die beiden Ebenen, durch welche eine solche Theilung möglich ist, nicht mit den Perradien zusammenfallen sondern mit den Interradien, wird schon durch den Verlauf der Leisten wahrscheinlich gemacht. Die directe Constatirung haben wir leider versäumt; durch die später noch anzuführenden Untersuchungen von Al. Brandt*) an *Rhizostoma* wird es aber fast zur Gewissheit erhoben.

Kehren wir aber wieder zu den Armen zurück, und zwar zu dem Unterarm. — Von den drei longitudinal mit einander zusammenhängenden Blättern, welche denselben bilden, ist das axiale als eigentliche Fortsetzung des Oberarmes aufzufassen; die beiden abaxialen sind flügelförmige Verbreiterungen desselben. Die freien Ränder aller sind nun mit diesen eigenthümlichen, hahnenkammförmigen Lappen besetzt, deren einfache, noch unentwickeltere Formen wir längs der Naht auf der oralen Seite der Armscheibe, und deren Fortsetzung auf dem Oberarm kennen gelernt haben.

Eine gute Beschreibung und eine richtige Wiedergabe dieser Lappen im Bilde ist eine schwierige Aufgabe wegen der anscheinenden Unregelmässigkeit, in welcher sie sich dem Auge darbieten. Ihre freien Ränder sind so überaus mannigfach gefaltet und gekräuselt, die einzelnen Krausen der benachbarten Lappen so in einander gedrängt, dass die ganze Gesammtoberfläche des Unterarms als eine sehr unregelmässig zerklüftete und gefurchte, von fast wolligem Aussehen, erscheint. Die einzelnen Lappen, die wir vorhin als ungefähr hahnenkammförmig bezeichnet haben, tragen auf ihren Seiten wieder secundäre Läppchen, die sich aus der Fläche herausheben; um den Habitus gut in der Zeichnung wiederzugeben, muss man im Baumschlagzeichnen geübt sein. — Gegen das orale Ende der Arme hin werden die Lappen wieder kleiner und

*) Al. Brandt, Ueber *Rhizostoma Cuvieri* Lmk. in Mém. Acad. St-Pétersbourg, VII. Sér. Tome XVI No. 6. 1870.

schwächer, an der Spitze treten sie bisweilen ganz zurück, so dass dieselbe eine spitz zulaufende Pyramide darstellt, von deren drei Kanten die eine axial die beiden andern abaxial verlaufen.*)

Dem Canalsystem im Innern der Arme haben wir leider nur wenig Aufmerksamkeit zuwenden können, und was wir darüber beibringen können, ist nur geringfügig.

Aus den Querschnitten, die wir durch den Oberarm gemacht haben, ergibt sich, dass derselbe nur von einem einfachen Canale durchsetzt wird, welcher anfänglich mehr an der axialen Seite des Armes verläuft. Sein Lumen (Fig. XV B; *c. br.*) ist etwas complicirt gestaltet; zwei Röhren, von denen die engere axial von der weiteren gelegen ist, werden durch einen spaltförmigen Hohlraum mit einander verbunden. Da, wo die abaxialen Flügel des Unterarmes sich zu erheben beginnen (Fig. XV C.), wird das Lumen des Canals kreuzförmig, indem zwei seitliche Rinnen an dem Rohre auftreten. Ob dies der Anfang der Bildung neuer sich in die Flügel abzweigender Canäle ist, haben wir leider zu untersuchen versäumt, und wir können zur Ergänzung dieser Lücke kaum die Darstellung Häckel's heranziehen, da diese auch nur unter Reserve gegeben ist. Häckel lässt den in den Oberarm eintretenden Canal sich gleich in zwei Röhren theilen, die sich beim Eintritt in den Unterarm wieder in Aeste spalten und zu den »Saugknöpfen« Zweige abzuschicken scheinen. — Was das Zerfallen in zwei Röhren im Oberarm anbelangt, so dürfte wohl unser Querschnitt Fig. XV B. genügende Auskunft über diese Auffassung geben, da bei einer Betrachtung von der Seite der verbindende Hohlraum leicht übersehen werden kann. Ueber die Richtigkeit der andern Angaben Häckel's sind wir ausser Stande zu urtheilen.

Die Frage über die Beschaffenheit der Mundöffnungen, ganz besonders aber die über die Zurückführung der sich hier findenden Anomalieen auf den allgemeinen Typus der Acalephen, ist bekanntlich schon seit langer Zeit Gegenstand vielfacher Controversen gewesen und hat die verschiedenartigsten Ansichten darüber zu Tage gefördert. Ein nicht geringer Theil des Interesses, das man den Rhizostomeen überhaupt schenkte, findet darin seine Erklärung.

Eine einheitliche Auffassung ist erst in der letzten Zeit durch die Beobachtungen von L. Agassiz**) angebahnt worden und hat durch die späteren Untersuchungen von A. Brandt***) eine Bestätigung erfahren. Beide Forscher erklären die Polystomie der Rhizostomeen als eine secundäre Erscheinung, welche durch partielles Auswachsen der Ränder der ursprünglich ein-

*) Häckel beschreibt dies Verhalten wenigstens; uns selbst ist kein Fall derart vorgekommen. Vergl. weiter unten, wo wir darauf zurückkommen.

**) Contributions to the Natural History of North America etc. Vol. IV p. 131 u. ff. 1862.

***) l. s. cit.

fachen, centralen Mundöffnung, und darauf folgendes Verwachsen jener Ränder unter fortschreitendem Weiterwachsthum zu Stande kommt. — Bekanntlich ist diese Ansicht schon früher von verschiedenen Forschern geäussert worden, (man vergleiche über das Geschichtliche namentlich die genannte Arbeit von A. Brandt, welche eine sehr sorgfältige Zusammenstellung gibt), aber die an Jugendzuständen von Rhizostomeen beobachteten Thatsachen, welche dieser Erklärung die volle Berechtigung sichern, sind erst von den genannten Forschern beigebracht worden.

Da uns keine Beobachtungen zu Gebote stehen, welche auf diese Frage Bezug haben, so halten wir diesen Hinweis für genügend. Wir haben es hier blos mit dem fertigen Thiere zu thun, und wollen unsere Befunde an diesem in Kürze mittheilen.

Ueber das Wesen der Mundöffnungen, namentlich über ihre Begrenzung, ihre Grössenverhältnisse, und damit über ihre Anzahl ins Klare zu kommen, ist durchaus keine so einfache Sache, wie es vielleicht Manchem scheinen möchte, und wir haben, da wir bei der Untersuchung an Ort und Stelle über etwaige Vorarbeiten im Unklaren waren, ziemlich lange Zeit gebraucht, um uns wenigstens einigermaassen zutreffende Begriffe darüber zu erwerben. Ganz damit zu Ende zu kommen, ist uns freilich auch nicht geglückt. — Die Beobachtung wird sehr erschwert durch die relative Grösse der Oeffnungen, so sonderbar dies auch klingen mag; ferner durch die starke Faltenbildung der Membran, welche dieselben umgibt, und die möglicherweise noch durch Contraction beim Abschneiden und Präpariren verstärkt wird. So ergibt sich eine nicht unbeträchtliche Schwierigkeit, dem Umfang einer Einzelöffnung zu folgen, und die Grenzen und Grösse derselben zu bestimmen.

Betrachtet man den freien Rand eines mundtragenden Lappens mit blossem Auge, oder mit der Loupe, so sieht man, dass der wollige Besatz des Randes sich auf alle die zahlreichen Ausbuchtungen, secundären u. s. w. Läppchen hinerstreckt. Schneidet man mit der Scheere einen kleinen Theil davon ab und betrachtet ihn von der Seite bei schwacher Vergrösserung (vergl. Fig. XVI, die nach einer schwachen Vergrösserung eines Zeiss'schen Simplex gezeichnet ist), so erkennt man, dass man es hier mit einem Theil eines vielfach gefalteten Trichters zu thun hat, dessen freier Rand mit äusserst zahlreichen kleinen contractilén Tentakeln besetzt ist. Die Wände des Trichters sind einander sehr genähert, der Hohlraum desselben also ziemlich eng; erstere sind mit Ausnahme der Stelle, die der Oeffnung entgegengesetzt liegt, und wo sie in einander übergehen, ziemlich dünn. Sie bestehen aus einer durchsichtigen Gallertmasse wie die des Schirmes; diese hebt sich scharf ab von dem trüben Epithelialbeleg (Endoderm), welcher den Hohlraum des Trichters auskleidet.

Einen kleinen Theil davon, eine einzelne Falte, stellt bei mässiger Vergrösserung die Fig. XVII dar. Die abnehmende Dicke der Wandung gegen den freien, gefransten Rand hin lässt sich erkennen, ebenso sind die zahlreichen Zellen, welche der gallertigen Grundsubstanz der Wandung eingestreut sind, angedeutet. Die Randtentakel (*t*) in einfacher Reihe ganz dicht neben einander inserirt, sind einfache Fortsetzungen der Gallertmasse, auf welchen sich eine besondere (Exoderm-) Epithellage deutlich markirt. Bei frisch abgeschnittenen Stücken sind die Contractionen und Formveränderungen dieser Tentakel ganz in ähnlicher Weise zu bemerken, wie bei den entsprechenden Fäden in der Region der Genitalien. Wie diese letzteren tragen sie an ihrem freien, etwas kolbig oder kugelig angeschwollenen Ende zahlreiche Nesselkapseln. (Die nesselnde Wirkung dieser Nesselkapseln, um das hier gelegentlich anzuführen, ist eine sehr unbedeutende; wir haben bei längerem Manipuliren mit diesen Medusen nur sehr wenig Empfindung zwischen den Fingern oder am Handgelenke verspürt.)

Wie gross ist nun ein solcher Trichter, der den Eingang in das Canalsystem der Arme bildet? Das ist eine sehr schwierig zu beantwortende Frage, da es nur möglich ist, darüber zu entscheiden, wenn es gelingt, dem ganzen Umfang einer solchen Oeffnung über alle die ausserordentlich zahlreichen, aus- und einspringenden Falten zu folgen. Mikroskopische Oeffnungen, soviel wissen wir sicher, sind es keinesfalls; ihr Umfang misst gewiss nach Centimetern; wie gross aber, das können wir nicht mit Bestimmtheit angeben. Bekanntlich pflegt man vielfach von »Saugmundöffnungen« zu reden, wenn man von Rhizostomeen spricht, und verbindet doch wohl damit die Vorstellung, dass diese Oeffnungen zur Aufnahme von festen Substanzen von einiger Dimension nicht geeignet sein dürften. Nun wollen wir dem gegenüber blos die Thatsache anführen, dass wir einmal aus einer dieser trichterförmigen Mundöffnungen einen kleinen halbverdauten Fisch von etwa Zolllänge herausgezogen haben — ein Beweis, dass es sich hier weniger um ein blosses Saugen, als vielmehr um eine Verdauung handelt, zu der Objecte von nicht gerade mikroskopischer Grösse in jene Trichter aufgenommen werden, und zu welcher wohl die Endodermzellen die Secrete liefern dürften.

Mögen nun auf einem der Lappen mehrere, oder, was wir nicht für absolut zu verwerfen halten, nur eine einzige, vielfältig ausgebuchtete Mundöffnung vorkommen — jedenfalls ist die Zahl derselben nicht eine so ungeheure, wie man es häufig darzustellen liebt, immerhin freilich noch eine ansehnliche.

Eine in den wesentlichsten Punkten ähnliche Darstellung des Baues der Mundöffnungen, namentlich ihrer trichterartigen Gestalt, hat übrigens schon T. H. Huxley in seiner Ab-

handlung: »On the Anatomy and the Affinities of the family of the Medusae *)« von einer Rhizostomee gegeben. In dieser berühmten Arbeit hat der Verfasser bekanntlich die Lehre vom Endoderm und Exoderm bei den Coelenteraten — er benennt die beiden Schichten vorläufig noch »foundation membranes« — begründet; weniger glücklich war er aber mit der Interpretation der Erscheinung der Polystomie bei den Rhizostomeen, die ebenfalls darin niedergelegt ist. Da seine Erklärung derselben gegenüber den neueren Untersuchungen nur noch historisches Interesse erwecken kann, so wollen wir hier nicht länger dabei verweilen. — Die Darstellung der Mundöffnungen nach Huxley hat auch Eingang gefunden in die bekannten: »Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux« von Milne-Edwards. **) Eine ebenfalls der unserigen ziemlich entsprechende Darstellung dieser Verhältnisse (wenigstens in den Grundzügen) gab L. Agassiz ***) von *Polyclonia*, so dass man wohl berechtigt ist, Aehnliches von den andern, darauf noch nicht speciell untersuchten Rhizostomeen zu erwarten.

Kehren wir aber zu den Angaben Häckel's über unser Meduse zurück, und sehen wir, wie sie sich zu den unserigen bezüglich der zuletzt geschilderten Organe verhalten.

Zunächst haben wir einen kleinen Irrthum zu berichtigen, den Häckel in seiner Darstellung der Verwachsungsnähte der primären Mundränder auf der oralen Seite der Armscheibe begangen hat. Häckel bezeichnet dieselben mit dem Namen »Mundkreuz« (vgl. seine Fig. 7 Taf. XXXIX, l. c.); es »besteht aus einer wulstigen, krausen Naht, deren vier Schenkel, von 15 Mm. Länge, unter rechten Winkeln im Centrum der oralen Fläche des Schirmstieles zusammentreffen« (l. c. p. 527). Diese Schenkel treffen nun, wie aus unserer Darstellung hervorgeht, nicht im Centrum zusammen, und seine Zeichnung ist insofern richtiger, als seine Beschreibung, als der Arm, den wir in unserer Fig. XV A. die beiden Felder I, I von einander scheidend gezeichnet haben, wenigstens andeutungsweise zwischen den Feldern i^1 und i^3 seiner Figur 7 auftritt, wenn er auch viel zu kurz gerathen ist. In seiner Figur tritt deshalb diese eigenthümlich seitlich symmetrische Zeichnung, die sich so deutlich markirt, nicht hervor. Dagegen steht unsere Figur in voller Uebereinstimmung, soweit es auf den Verlauf der Wülste ankommt, mit der Zeichnung, die Brandt (l. c. Fig. 8) von *Rhizostoma Cuvieri* gibt.

Ein fernerer Punkt, in welchem wir uns der Beschreibung Häckel's nicht anschliessen können, betrifft die Configuration der Lappen, auf welchen sich die Mundöffnungen befinden.

---

*) Philos. Transactions 1849. Pt. II. p. 413—434. Taf. 37—39.

**) Vol. V. 1859, p. 303.

***) l. s. c. Vol. IV. p. 139 u. ff.; Taf. XIII, fig. 15, 16.

Häckel, der die Gattungscharaktere auf sie gründet, beschreibt sie als abweichend gebaut von den entsprechenden Gebilden bei sämmtlichen übrigen Rhizostomeen; nach ihm sind sie »aufzufassen als Differenzirungsproducte der kammförmigen Saugkrausen oder Saugwülste, welche bei Rhizostoma die Arme in Form dicker vielfach gefalteter Fleischkämme oder Krausen bedecken« etc. (l. c. p. 530). — »Die am meisten entwickelten und grössten Saugknöpfe, welche sich am Proximalende des Vorderarmes befinden und welche 15 Mm. Durchmesser erreichen, haben einen beinahe kugeligen Umfang und das Aussehen eines krausen Kohlkopfes. Die parallelen Reihen von alternirenden Knöpfen erinnern an ein regelmässig mit Krauskohl bepflanztes Gartenbeet.« — »Die kleineren Köpfe, am distalen Armende, sind mehr zusammengedrückt, fast blattförmig. Auf der krausen, von unregelmässigen Wülsten und Furchen bedeckten Oberfläche eines jeden Kopfes oder Saugknopfes befindet sich eine grosse Anzahl von sehr feinen Oeffnungen, Saugmündchen oder Oscula, welche in sehr feine Saugröhrchen hinein führen« etc. etc. (l. c.). Die Anzahl von Oeffnungen auf einem Knopfe schätzt Häckel auf durchschnittlich zehn, die Zahl der Knöpfe an jedem Arme auf etwas über hundert, die Gesammtzahl der Saugmündchen demnach auf mindestens 8000.

Häckel hat wohl ein an den Armen stark verstümmeltes Exemplar vor sich gehabt, anders lassen sich seine Worte und Zeichnungen kaum erklären. In den »Saugkrausen« finden sich, wie wir bestimmt sagen dürfen, keine derartigen Unterschiede zwischen *Crambessa* und den andern Rhizostomeen, wie sie Häckel statuiren will; sie sind nach demselben Modelle gebaut, wie auch aus der nachfolgenden Schilderung eines ächten *Rhizostoma* hervorgehen wird, und wie der Eine von uns in Gibraltar an einem allerdings stark verstümmelten Exemplare von *Rh. Cuvieri* sich zu überzeugen Gelegenheit hatte. — Wahrscheinlich hatte das Exemplar, an dem Häckel seine Beobachtungen machte, die ihn zur Bezeichnung der neuen Gattung den Namen *Crambessa* wählen liessen, durch eine Art von Abschmelzungsprocess die peripherischen Theile seiner Krausen und Lappen eingebüsst; wenigstens berichtet Brandt (l. c. p. 11) von derartigen Vorgängen, die er an Exemplaren von *Rhizostoma Cuvieri*, welche er in Glasgefässen hielt, zu beobachten Gelegenheit hatte.

Genau genommen passt also der Name *Crambessa*, die Kohlähnliche, welchen Häckel der Meduse gab, auf sie ebensogut oder ebenso schlecht, wie auf alle andern Rhizostomeen; ihn aber deshalb abzuändern liegt für uns natürlich kein Grund vor. — Wohl aber wird die Beschaffenheit der Mundlappen in der Familien- und Gattungsdiagnose eine Rolle zu spielen aufhören müssen.

6. Stellung der Crambessa Tagi zu verwandten Rhizostomeen.

Häckel hat (l. c. p. 531) nach seinen Resultaten die Stellung der *Crambessa Tagi* im System einer Erörterung unterzogen und ist dabei zu dem Schlusse gelangt, dass für sie eine besondere Familie der *Crambessidae* errichtet werden müsse. Er charakterisirt diese Familie folgendermaassen (p. 533):

»6. Fam. Crambessidae (Genus: Crambessa).

»Familiencharakter: Eine einzige, centrale, kreuzförmige Genitaltasche über dem Magen, und vier Subgenitalhöhlen. Arme lang, einfach, unverzweigt, ohne Fäden, mit mehreren Längsreihen von vielen isolirten, krausen, kopfförmigen Saugknöpfen. Acht Augen (vier perradiale und vier interradiale).«

Dass Häckel die *Crambessa Tagi* für eine in ihrer Organisation ganz alleinstehende Meduse hielt, darf nach seinen Befunden allerdings nicht befremden. Bei näherer Kenntniss des Baues derselben, zu welcher unsere Untersuchung Einiges beigetragen zu haben hofft, hat sich aber herausgestellt, dass in der Literatur wenigstens eine Rhizostomee, vor Allem ihrer Organisation nach, so dargestellt ist, dass man mit Sicherheit beide Formen in eine Familie zusammenziehen darf. Leider sind einige Verhältnisse, wie namentlich die Beschaffenheit des Schirmrandes, in den uns zu Gebote stehenden Angaben nur ganz im Allgemeinen, aber nicht speciell genug charakterisirt und beschrieben, wir wären sonst möglicherweise sogar in der Lage, wenn sich derselbe bei jener Form als analog wie bei der *Crambessa* gebaut herausstellen sollte, den Häckel'schen Gattungsnamen einziehen und dafür einen älteren substituiren zu müssen; so gross ist die Uebereinstimmung im ganzen übrigen Bau.

Die Meduse, von welcher wir sprechen, ist die *Cephea mosaica* Quoy & Gaimard.*)

Da wohl nicht jeder Leser das unten citirte kostbare Kupferwerk zur Hand haben dürfte, so wollen wir hier die betreffende kurze Diagnose, sowie die Bemerkungen folgen lassen, welche sie begleiten. Sie lauten:

»Céphée mosaïque. *Cephea mosaica* Quoy et Gaimard. — Cephea subhemisphaerica, glauca, verrucosa; margine ciliato; brachiis conigeris, punctatis. — Cette méduse est quelquefois très-commune en décembre, pendant le calme, dans la rade de Sydney, au Port-Jackson. Toute blanche ou plutôt glauque, son ombrelle ponctuée, sans

*) Voyage autour du Monde etc. de l'Uranie et la Physicienne, par Freycinet; Zoologie, par Quoy et Gaimard. Paris 1824. p. 569. Planche 85, fig. 3.

être frangée dans son pourtour, est ciliée comme les procès ciliaires de l'oeil de l'homme. Huit bras coniques et pleins, portés sur autant de pédicules plus petits, naissant en dessous de l'ombrelle. Ils sont recouverts de petites plaques blanchâtres polygonales, se touchant entre elles, comme des mosaïques, disposition, d'où nous avons tiré le nom du caractère spécifique».

Weder aus dieser Beschreibung, noch aus der höchst ungenügenden Abbildung lässt sich etwas entnehmen, was auf die Verwandtschaft dieses Thieres mit dem uns hier beschäftigenden hindeutet. (Bezüglich der Abbildung ist noch zu bemerken, dass auf der Tafel selbst angegeben ist, sie sei in $^1/_4$ der natürlichen Grösse entworfen; im Texte ist jedoch der Maassstab als = $^1/_2$ natürlicher Grösse bezeichnet, so dass, je nach dem Gewichte, das man der einen oder der andern Angabe beilegt, der Durchmesser des Thieres entweder ca. 3 Zoll oder ca. 6 Zoll betragen würde.) Wir haben aber glücklicherweise nachher einen besseren Gewährsmann dafür anzuführen.

Eschscholtz*) führt diese Art unter dem Namen *Rhizostoma mosaicum* auf; Neues bringt er natürlich, da er die Form nicht selbst beobachtet hatte, nicht bei; doch macht er auf das Kreuz aufmerksam, welches aus dem Innern durchschimmert und das die von Quoy und Gaimard gelieferte Abbildung auch deutlich erkennen lässt.

Lesson**) copirt in seiner bekannten Compilation einfach die Diagnosen, sowohl die von Quoy und Gaimard, als auch die von Eschscholtz etwas modificirte, und setzt die vorhin reproducirten Bemerkungen der Ersteren hinzu. Er adoptirt übrigens den von Eschscholtz vorgeschlagenen Namen.

Huxley ist es, der in seiner schon oben citirten Abhandlung: »On the Anatomy and the Affinities of the family of the Medusae« eine treffliche Anatomie dieses Thieres gab und durch sehr übersichtliche Zeichnungen dieselbe erläuterte. Wir werden sogleich auf einige Punkte seiner Arbeit zurückkommen.

L. Agassiz hat in seinen prachtvollen »Contributions etc.« Vol. IV. p. 149 u. ff. eine Zusammenstellung sämmtlicher bekannten Acalephen gegeben. Die Art figurirt darin als Repräsentant einer neuen Gattung *Catostylus* Ag. (l. c. p. 152); dazu ist eine neue Art (*C. Wilkesii* Ag.), gekommen, die auf der grossen United States Exploring Expedition zur Beobachtung gelangte, und welche aus dem Illiware Lake stammt. Weitere Angaben von Belang sind aber über diese nicht geliefert.

---

*) Eschscholtz, System der Acalephen. Berlin 1829. p. 53.

**) Lesson, Histoire naturelle des Zoophytes. Acalèphes. Paris 1843. (Suites à Buffon) p. 414

Agassiz, der doch sonst von sich rühmen durfte (l. c. p. 136), dass er durch genaues Abwägen der Beschreibungen Wort für Wort, und eingehende Vergleichung der Abbildungen die Rhizostomeen besser kennen gelernt habe, als die Urheber der Beschreibungen etc. selber, — Agassiz scheint die Schilderung Huxley's übersehen oder doch nicht gewürdigt zu haben, sonst hätte er die Gattung *Catostylus* unmöglich unter die erste Familie *Rhizostomidae* der Unter-Ordnung der *Rhizostomeae* bringen können.

In der That ergibt sich für diese Form die Nothwendigkeit der Aufstellung einer besonderen, neuen Familie, und wir können ihr vorläufig mit Sicherheit blos unsere *Crambessa* beigesellen.

Damit soll natürlich keineswegs gesagt sein, dass unter den in unseren Verzeichnissen mit Namen aufgeführten Rhizostomeen sich nicht noch die eine oder die andere fände, welche die Zahl der Mitglieder der Familie zu vermehren im Stande wäre. Dazu bedarf es aber noch näherer Kenntniss des anatomischen Baues derselben, und in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle fehlen uns nach dieser Seite hin die Momente zur Feststellung der Familienverwandtschaft in bedauerlicher Weise. Mit solchen nichtssagenden Diagnosen, wie wir beispielsweise oben die von Quoy und Gaimard angeführt haben, kommen wir nicht weit. Es ist häufig reiner Zufall, wenn man später das Thier nach solchen wieder mit leidlicher Sicherheit bestimmen kann.

Wenn wir nun die von Huxley gegebene Schilderung des Baues von *Rh.* (*Catostylus*) *mosaicum* mit der von uns gelieferten Darstellung der *Crambessa Tagi* vergleichen, so springt die nahe Verwandtschaft beider Thiere ohne Weiteres in die Augen. Totalansichten des Thieres gibt Huxley nicht; man halte aber die Fig. 26 seiner Taf. XXXVIII neben unsere Fig. VIII, so ergibt sich die auffallendste Uebereinstimmung. Wir finden hier dieselbe merkwürdige Gestaltung der Centralhöhle, die sich in Kreuzesform unter dem Gallertschirm hinzieht (*c.*, »central crura«); ganz ähnliche, wenn auch nicht so stark ausgebildete, Genitalklappen, welche die von uns Gastrogenitalmembran genannte faltige Lamelle theilweise verdecken (*d*, »lateral crura«), sowie ebenjene Membran (*e*, »generative folds«). Ganz in derselben Weise inseriren sich die Pfeiler am Schirm, wie bei *Crambessa*; und ebenso uneigentlich, wie bei letzterer, lässt sich hier von Genital- oder Subgenitalhöhlen reden, da der Raum zwischen den Pfeilern, dem Schirm und der Armscheibe nach der Richtung der Interradien durchgehend ist, wie der verticale Durchschnitt (l. c. Fig. 26 a), sowie die Seitenansicht der Armscheibe (Fig. 27) lehren. Nur scheinen hier die Falten der Gastrogenitalmembran sich nicht auf die Pfeiler und auf die aborale Seite der Armscheibe zu erstrecken, sondern auf den Schirmtheil der Centralhöhle beschränkt zu sein.

Diese Uebereinstimmung erstreckt sich aber auch auf die Sinnesorgane, wie eine Vergleichung namentlich der Fig. 38 (l. c. Taf. XXXIX) mit unsern Abbildungen in überzeugender Weise darthut. Es finden sich die nämlichen Einsenkungen über denselben in der Schirmoberfläche, und aus der Tiefe dieser »cordate depressions« steigen ähnliche »arborescent folds« empor. Kurz, die Uebereinstimmung ist eine so vollständige, wie man sie nur wünschen mag, und wäre die Beschaffenheit des Schirmrandes in der Zeichnung Huxley's eine andere (er gibt leider im Texte keine näheren ergänzenden Angaben über denselben), die sich in Bezug auf die Anzahl der Randlappen mit den bei *Crambessa* besprochenen Bildungen in Uebereinstimmung befände, so läge gar kein Grund vor, die Gattung *Crambessa* als solche aufrecht zu erhalten, sondern man würde sie in der Gattung *Catostylus* aufgehen zu lassen genöthigt sein. Nach der Zeichnung Huxley's aber, welcher in der oben wiedergegebenen Diagnose der beiden Entdecker des Thieres eine Stütze erwächst, ist die Anzahl der Randlappen hier eine viel ansehnlichere (Huxley zeichnet einige zwanzig in jedem Octanten), so dass also hierdurch (aber auch nur hierdurch) die Existenz der Gattung *Crambessa* als eines selbständigen Genus vorläufig gesichert erscheinen mag.

Da uns die weit zerstreute Originalliteratur über Acalephen, namentlich die kostspieligen grossen Reisewerke, nur in sehr dürftiger Weise zu Gebote steht, so haben wir keine Anhaltspunkte von entsprechender Sicherheit wie die Huxley'sche Abhandlung sie bietet, über das Vorkommen und die Ausbildung derjenigen Charaktere, auf welche wir bei der eben durchgeführten Parallele Gewicht legen zu müssen glaubten, auffinden können. Doch scheint, wie aus einzelnen Andeutungen hervorgeht, die Eigenthümlichkeit der *Crambessa* und des *Catostylus* nicht ganz und gar auf diese beschränkt zu sein, nämlich die Durchbohrung des sogenannten Schirmstieles, und damit die Bildung der isolirten Pfeiler. Ob freilich damit die übrigen, in unserm Falle damit verbundenen, Charaktere damit vergesellschaftet sind, das sind wir ausser Stande anzugeben.

In einer Note zu seiner Arbeit: »Ueber die systematische Stellung der Charybdeiden*)« bespricht Fritz Müller in Desterro auf Sta. Catharina auch die Polystomie der Rhizostomeen, und erwähnt dabei einer südbrasilianischen *Cephea*, von welcher er eine »Durchbrechung des Armstieles« oder ein »Entspringen mit vier Wurzeln« desselben anführt; ein gleiches Verhalten soll nach Forskål bei *Cephea octostyla* des rothen Meeres vorkommen. — Damit haben wir den einen wichtigen Charakter so deutlich als möglich bezeichnet; wie es sich aber mit der

*) Arch. f. Naturgeschichte. 27. Jahrg. 1861. Bd. 1, p. 302.

Anordnung und Erstreckung der Genitalfalten verhält, ferner, ob ähnliche Gebilde, wie die Genitalklappen hier vorkommen, ist leider aus der kurzen Notiz nicht ersichtlich. — Dagegen geht aus ihr etwas Anderes hervor, das nicht ohne Bedeutung ist; Fritz Müller spricht nämlich davon, dass bei der fraglichen *Cephea* »die Oeffnungen der Arme die Form langer Spalten haben, die sich oft in riemenförmige Tentakel fortsetzen«, d. h. dass also diese Meduse diejenigen Charaktere der Arme aufweist, die man zur Constituirung der Familie der *Cepheidae* *) benutzt hat.

Nun hat Lesson **) unter dem Namen *Rhizostoma cruciata* (sic!) eine Meduse von Sta. Catharina beschrieben, die, wie aus seiner nachstehend reproducirten Diagnose und Beschreibung hervorgeht, dieselbe Form sein kann und vermuthlich sein wird, von welcher Fritz Müller spricht, auch wenn Ersterer des auf die Cepheiden hinführenden Charakters der Armbildung nicht erwähnt.

Lesson charakterisirt in seiner vorhin citirten Compilation seine Rhizostome croisée oder *Rh. cruciata* folgendermassen:

»Ombrelle fortement denté au pourtour; ovaire en croix grecque; quatres ouvertures; huit bras aplatis; coloration blanche-jaunâtre, avec des lignes roses sur le pourtour et sur les ovaires. — Habite la côte du Brésil. Les habitants la nomment »»mouge««. —

»Cette espèce est décrite ainsi dans la Zoologie de la Coquille (p. 121 No. 70): C'est en Octobre 1822 que nous trouvâmes cette méduse échouée sur les rivages de l'île Sainte-Cathérine, sur la côte du Brésil. Son ombrelle est regulièrement hémisphérique, et son pourtour est formé par une sorte de ruban de dentelle à mailles excessivement fines et régulières, et garni des dents aiguës, obtriangulaires et nombreuses. La voûte de l'ombrelle est parfaitement lisse; sa couleur est uniformément blanc-fade, légèrement lavé de jaune-pâle. Une large croix grecque, à bords roses, occupe toute la surface supérieure. Chacune des extrémités, au lieu d'être arrêtée en ligne droite, se trouve être cordiforme. Un cercle rosé fait aussi le tour de l'ombrelle, à la naissance de la partie aréolée du pourtour; le corps est épais, court, perforé au milieu, ayant sur la circonférence quatre larges ouvertures, dont les parois sont renforcées par les piliers charnus. Le corps se termine en huit bras foliolaires, assez allongés et couverts, dans toute l'étendue de leurs limbes, de stries vasculaires disposées en cercle, et qui, par leur ensemble, donnent aux bras une disposition imbriquée.«

*) Vgl. Agassiz, Contributions etc. Vol. IV. p. 155.

**) Lesson, in Voyage de la Coquille. Zoologie. p. 121, Taf. 11, fig. 1. (Von uns nicht eingesehen); ferner desselben; Hist. nat. Zoophytes etc. p. 419.

Agassiz*) führt diese Form, nebst einer neuen, ebenfalls süd-amerikanischen Art, unter den Gattungsnamen *Rhacopilus cruciatus* auf, und zwar unter der Familie der *Rhizostomidae.*

Wenn wir dennoch die Vermuthung vorläufig aufrecht erhalten, dass die von Fritz Müller erwähnte Form identisch sein möge mit der Lesson'schen, so sind uns zunächst der Fundort und die Worte »perforé au milieu«, die letzterer vom Schirmstiel braucht, Gründe dafür, die nicht zu unterschätzen sind, selbst gegenüber der Nichterwähnung des Cepheidencharakters, der möglicherweise an Exemplaren, die auf den Strand geworfen wurden, verschwinden, oder doch bei flüchtiger Betrachtung, wenn er nicht sehr ausgebildet auftritt, leicht übersehen werden kann.

Was nun die von Fritz Müller weiter erwähnte *Medusa octostyla* Forskål (*Cephea octostyla* L. Ag.) anbelangt, so lautet die betreffende Stelle bei Forskål**) folgendermaassen:

»— — Subtus ad basin pilei quatuor columnae sesquipollicares, quae uniuntur in unam molem cubiti crassitie, teretem, quadripollicarem, apice fissam in 8 cylindros digiti crassiores etc. etc. —«

was allerdings auf eine Durchbohrung des Schirmstieles deutlich genug hinweist. — Diese Art brachte Agassiz bei den ächten Cepheiden unter (l. c. pag. 156).

Wie es sich nun auch mit den beiden zuletzt besprochenen Formen verhalten mag — soviel scheint daraus hervorzugehen, dass nicht blos *Castostylus mosaicus* und *Crambessa Tagi* einen durchbrochenen sogenannten Schirmstiel besitzen, sondern dass sie diese Eigenthümlichkeit mit noch andern theilen — sogar mit solchen, die, wenn man auf die bisher benutzten Charaktere Gewicht legt, sich wieder von ihnen um ein Beträchtliches durch diese Charaktere entfernen. Leider ist unsere ganze Kenntniss dieser fraglichen Formen zu gering, um darauf hin die Vertheilung der Rhizostomeen von den neueren Gesichtspunkten, die dann in ihre Rechte eintreten könnten, zu versuchen, und es muss der Folgezeit überlassen bleiben, das Fehlende zunächst an Thatbestand zu liefern. Das aber ist ausser Zweifel, dass, wenn jene Rhizostomeen, neben ihrem Cepheenhabitus, bezüglich ihres sonstigen Baues Analogieen mit *Catostylus* und *Crambessa* zeigen sollten, diese Charaktere gegenüber denjenigen, welche aus der Modification der Mundbildung hervorgehen, den Vorrang behaupten müssten und eine nähere Vereinigung der sie aufweisenden Gattungen und Arten in eine besondere Gruppe erheischten.

---

*) l. c. p. 152, 153. (Vol. IV.)

**) Descriptiones animalium, avium etc., quae in itinere orientali observavit etc. Hauniae 1775. p. 106. — Icones rerum naturalium quas in itinere orientali depingi curavit P. Forskål. Edidit Carsten Niebuhr. Hauniae 1776. Tab. XXIX. — Bei der betr. Tafel ist der Irrthum, den Niebuhr begangen hat, und welchen erst Agassiz (l. c. p. 155) aufklärte, zu beachten; wie aus der Vergleichung des Textes zur Evidenz hervorgeht, bezieht sie sich auf *M. octostyla*, und nicht auf *Med. Cephea*, wie die Tafelerklärung besagt.

B. Ueber den Bau von Rhizostoma luteum Eschsch.

(*Orythia l.* Quoy et Gaim.)

Die Rhizostoma-Art, die wir unter diesem Namen hier besprechen wollen, wurde von dem Einen von uns während eines längeren Aufenthaltes in Gibraltar (Ende October und Anfangs November 1871) in einigen Exemplaren gefischt und untersucht. Da die Spärlichkeit des Materials, sowie der Wunsch, Einiges davon für die Sammlung zu conserviren, eine gewisse Schonung geboten, so wurde die Untersuchung nur auf die für eine Vergleichung mit den andern Arten der Gattung, sowie mit der *Crambessa Tagi* belangreichen Punkte ausgedehnt.

Die Meduse wurde von Quoy und Gaimard entdeckt, und zwar ebenfalls in der Nähe von Gibraltar, bei Algeciras und Ceuta. Sie sammelten dort im Monat Mai kleine, auffällig gestaltete Medusen, die sie für ausgebildete Exemplare hielten und beschrieben sie unter dem Namen *Orythia lutea**) wie folgt:

»Ombrelle convexe, arrondie, plus que demi-hémisphérique, à limbe mince, très-légèrement denticulée, les denticules tendant à s'accoupler. Elle est piquetée tout-à-fait dans le genre de ce qu'on appelle pointillé dans le dessin. — Pédoncule quadrilatère, épais, divisé en quatre bras, lesquels se subdivisent bientôt pour en former huit; l'extrémité de chacun d'eux est légèrement bifurquée. C'est entre chacune de ces deux divisions que partent huit appendices assez courts, augmentant de volume, et triangulaires à leur extrémité, qui est un peu élargie. — Ce pédoncule est muni de cotyles à sa partie supérieure ainsi qu'à l'origine de ses huit dernières divisions, ce qui le rend rétréci au milieu et évasé à ses deux extrémités. Il existe de plus, à la partie supérieure de l'ombrelle, ce qu'on est convenu d'appeler des ovaires; en les examinant en dessus on voit qu'ils forment quatre segmens de cercle qui, réunis, ont la forme d'une croix. Du reste, le pédoncule à sa sortie de l'ombrelle forme, par ses divisions, quatres ouvertures improprement nommées bouches, ayant chacune un petit tubercule mamelonné. La vraie bouche existe tout-à-fait à l'extrémité du pédoncule, entre les appendices. — —

La brieveté de l'apparail pédonculaire fait qu'elle tend toujours, même dans l'état vivant, à être renversée l'ombrelle en bas; et lorsqu'elle est morte les rebords de l'ombrelle se renversent en dehors.«

---

*) Annales des sciences naturelles. Tome X. 1827. p. 175. Pl. 4. B. fig. 1.

Eschscholtz*) bezeichnet die Meduse als *Rhizostoma lutea*; in der Diagnose, die nur ein lateinischer Auszug aus der Beschreibung von Quoy und Gaimard ist, erwähnt er der auffälligen Anhänge nicht, wohl aber in der nachfolgenden deutschen Beschreibung.

Lesson**) reproducirt, wie zu erwarten, nur die Diagnose von Eschscholtz und die Beschreibung von Quoy und Gaimard wörtlich.

Agassiz***) äussert einige Bedenken über die Selbstständigkeit der fraglichen Form, indem er an das Beispiel der *Ephyra* erinnert; es könnte auch hier möglicherweise eine Jugendform von *Rhizostoma pulmo*†) vorliegen. Vorsorglich aber bezeichnet er das Thier, falls es sich doch als ein selbstständiges herausstellen sollte, mit einem neuen Namen, *Stylonectes*. (» — But, if it is an adult Medusa, then its peculiar actinostome, with eight connate arms, each ending in a long tricuspidate stylet, and the small bunch of marginal fringes at their base, show it to constitute a distinct genus.«) Die Stellung bezüglich der Familie weist er ihr bei den ächten genuinen Rhizostomiden an. — Unter dem Agassiz'schen Namen *Stylonectes* hat die Meduse dann auch theilweise Eingang in unsere Lehrbücher gefunden.††)

Weitere Mittheilungen in der Fachliteratur über unser Thier sind uns nicht bekannt geworden. — Bei der nachfolgenden Darlegung der Resultate unserer eigenen Untersuchung werden wir uns der Eschscholtz'schen Gattungsbezeichnung bedienen, und hoffen, dass aus der Darstellung die Berechtigung dazu sich zur Genüge ergeben wird.

Bezüglich der Abbildung des ganzen Thieres Fig. XVIII, auf welche wir vielfach recurriren müssen, ist noch hervorzuheben, dass sie nach einem bald nach dem Fang in Spiritus gelegten Exemplare, nach nur ganz kurzer Einwirkung desselben, entworfen wurde. Die Abweichungen von ganz frischen Exemplaren beziehen sich fast ausschliesslich auf eine merkliche Schrumpfung der Fiedertheile der Arme, welche die Mundöffnungen tragen. Was diese an Naturtreue vermissen lassen, wurde zu ergänzen und zu ersetzen gesucht durch die Fig. XX, die einen einzelnen Arm eines grösseren Exemplares frisch und noch prall von der Seite gesehen darstellt. Diese beiden sowohl, wie auch die Fig. XIX, die Armscheibe eben dieses grösseren Exemplares darstellend, sind in natürlicher Grösse gezeichnet.

---

*) l. s. c. pag. 51.
**) l. s. c. pag. 413.
***) l. s. c. pag. 151.
†) *Rh. Cuvieri* der Autt. (s. unten.)
††) z. B. in Carus u. Gerstäcker, Handbuch der Zoologie. 2. Bd. p. 549.

1. Allgemeine Formverhältnisse des Rhizostoma luteum.

Die Besprechung der allgemeinen Formverhältnisse des uns hier beschäftigenden Thieres können wir um so kürzer fassen, als Anklänge an die oben geschilderten der *Crambessa Tagi* zur Genüge vorhanden sind; in noch höherem Grade aber stimmt der Grundplan ihres Baues mit dem des *Rhizostoma Cuvieri* Lam. überein, auf dessen bekannteste und wohl am leichtesten zugängliche Schilderungen wir der Vergleichung wegen verweisen wollen*). — Die Orientirung nach der von Häckel vorgeschlagenen, von uns adoptirten Methode; die Bestimmung der Radialebenen der verschiedenen Categorieen, sowie die Anwendung der sonst noch von uns gebrauchten Ausdrücke ergibt sich von selber, so dass wir hier einfach darüber hinweggehen können.

Von den beiden Hauptbestandtheilen des Körpers, dem Schirme auf der einen, dem armtragenden Schirmstiele auf der andern Seite, weicht nun namentlich der letztere hinsichtlich seiner Architectur in sehr wesentlichen Punkten von dem bei *Crambessa* beschriebenen ab, und bedingt dadurch auch eine Reihe von nicht unbedeutenden Modificationen der auf der Unterseite des Schirmes befindlichen Organe, und ganz besonders der Gestaltung der Centralhöhle und ihrer Appertinenzien.

Bei der *Crambessa* haben wir gesehen, dass die Pfeiler, vermittelst deren die Armscheibe am Medusenschirm suspendirt ist, völlig isolirt an dem letzteren entspringen, so dass ein nach zwei auf einander senkrechten Richtungen durchgängiger, nicht durch die Gastrogenitalmembranen abgeschlossener Raum von ihnen zwischen Schirm und Armscheibe unvollständig abgegrenzt wird. Dies findet hier nicht statt. Die Pfeiler (oder Füsschen der Autt.) (Fig. XVIII; *P.*) sind zwar hier ebenfalls relativ stark vortretende Gallertgebilde, aber sie sind unter sich durch die Gastrogenitalmembran verbunden, die sich auf ihrer axialen Seite von ihnen erhebt und die zwischen je zwei Pfeilern befindlichen Lücken abschliesst. Dieser Abschluss ist ein vollkommener, da diese Membran sich mit ihrem aboralen Rande auch auf die Unterseite des Schirmes, mit ihrer oralen Endigung auf die Oberseite der Armscheibe fortsetzt. Hier treten also die sogenannten Genital- (Subgenital-) Höhlen oder -Taschen auf, die wir bei *Crambessa* vermissten. Von der Unterseite des Schirmes her wird der Eingang in dieselben verengert

*) Besonders: F. W. Eysenhardt, Zur Anatomie und Naturgeschichte der Quallen. I. Von dem *Rhizostoma Cuvieri* Lam. in Nov. Act. Acad. Caes. Leop.-Carol. etc. Vol. X. P. 2. 1821. p. 575. Taf. XXXIV. — Ferner die trefflichen Abbildungen von Milne Edwards in Cuvier's Règne animal, Ed. ill. Zoophytes pl. 49. 50. — A. Brandt, Ueber *Rhizostoma Cuvieri* etc. in: Mém. Acad. imp. St-Pétersbourg. VII. Sér. Tome XVI. No. 6.

durch entsprechende höckerartig nach unten vortretende Vorsprünge des Gallertschirmes, Genitalklappen (Subgenitalklappen, Nierenförmige Platten, Decken der Genitaltaschen der Autt.).

Die Armscheibe, zu deren Bildung auch hier die Fortsetzungen der Pfeiler oder Füsschen zusammentreten, zeigt bei unserer Form auch eine von derjenigen der *Crambessa* abweichende Gestalt. Sie ist weniger scheibenförmig, als vielmehr prismatisch in der Richtung der Körperaxe verlängert, was allerdings in sofern auf Rechnung der Arme zu schieben ist, als diese weiter als bei *Crambessa* mit einander verwachsen sind und deutlicher als dort ihre paarweise Zusammengehörigkeit aufweisen. An dem aboralen Ende jedes Armes sitzen demselben abaxial noch je ein Paar sogenannter »oberer blattförmiger Anhänge« auf, die wir bei *Crambessa* vermissen (Figg. XVIII, XX; *Ap. s.*).

Die Gliederung des Armes gestattet uns auch hier eine Eintheilung in Ober- und Unterarm, wie bei *Crambessa*, obgleich hier eigentlich drei Abtheilungen des Armes vorkommen. Der Oberarm ist hier beträchtlich länger als der Unterarm; wir rechnen seine Erstreckung von seinem aboralen Ende bis zum Auftreten zweier unterer abaxialer Blätter, die sich morphologisch ganz übereinstimmend verhalten, wie bei *Crambessa*, nur dass sie viel kürzer, dafür aber um so steiler und mehr hervortretend sind, und welche den Beginn des Unterarms bezeichnen. Hierzu kommt noch ein axiales Blatt, welches sich vom Oberarm herab fortsetzt. Der Unterarm verlängert sich in ein auffallendes Gebilde, einen den ganzen übrigen Arm um zuweilen mehr als das Doppelte an Länge übertreffenden Fortsatz von prismatischer oder mehr rundlicher Gestalt, der am Ende sich mehr oder weniger kolbenförmig verdickt und eine Fortsetzung des Canalsystems des Armes enthält (Figg. XVIII, XX; *T.*).

Von den bei der *Crambessa* unterschiedenen drei Abtheilungen des cölenterischen Canalsystems oder des Gastrovascularapparates verhalten sich die beiden peripherischen, nämlich die Armcanäle und das System der Radiär- und Ringcanäle, von geringeren Modificationen abgesehen, ähnlich wie bei jener. Abweichend, und zwar recht beträchtlich, ist der mittlere Abschnitt, die Centralhöhle, gebaut; ungleich einfacher als bei *Crambessa* besteht sie aus einem im Allgemeinen pyramidal geformten Hohlraum, dessen Spitze nach der Armscheibe, dessen Basis nach dem Schirm gerichtet ist, und an welchem die Pfeiler und die zwischen diesen ausgespannten Gastrogenitalmembranen die seitlichen Begrenzungen (Kanten und Seitenflächen) bilden.

Mit der Vereinfachung der Configuration der Centralhöhle geht eine entsprechende einfachere Ausbildung der Genitalorgane, verglichen mit denen der *Crambessa*, Hand in Hand. Wir finden hier den einfacheren Typus der bekannteren Acalephen wieder, wo die Genitalproducte in der Tiefe der Genitalhöhlen in halbmond- oder hufeisenförmigen Wülsten der

Gastrogenitalmembranen reifen, die bei zunehmender Ausbildung mehr oder weniger zwischen den Pfeilern hervortreten. Da hier die Gastrogenitalmembran weder zu den Pfeilern, noch zu dem Schirm so intime Beziehungen eingeht, wie bei *Crambessa*, so fällt mit der bei dieser beschriebenen Complication auch der dadurch bedingte Verlauf der Genitalorgane fort.

Die Organe der Beziehung (Sinnes- und Bewegungsorgane) sind nach unseren geringen Erfahrungen mit denjenigen der *Crambessa* in der Hauptsache fast identisch.

2. Schirm des Rhizostoma luteum.

Unsere Meduse kann nach unseren Erfahrungen, die allerdings nur auf eine geringe Anzahl von Exemplaren gestützt, und in einer vielleicht noch nicht die völlige Entfaltung der Form aufweisenden Jahreszeit gemacht sind, nur zu den kleineren Vertretern ihrer Gattung, und zu den mittelgrossen ihrer Classe überhaupt gerechnet werden. Von den beobachteten Exemplaren waren die meisten von der Statur, wie das in Fig. XVIII in natürlicher Grösse gezeichnete; ein einziges, von welchem die beiden andern Figuren stammen, ging nicht unbeträchtlich über die Dimensionen des ersteren hinaus. Unter den dadurch gebotenen Reserven kann man also den Durchmesser des schön halbkugelig gewölbten Schirmes, über seine Convexität gemessen, etwa von 15—30 Cm., die Totallänge der Arme, mit Einschluss der Anhänge, zwischen 22—32 Cm. bestimmen, wobei auf diese Anhänge im ersteren Falle ca. 16 Cm., im letzteren ca. 20 Cm. fallen.

Wenn man von dem Artnamen, welchen die Entdecker des Thieres demselben gegeben haben, auf eine gelbe Färbung desselben — wenigstens in dem von uns beobachteten, von der Reife sicher nicht allzuweit entfernten Stadium — schliessen wollte, so würde man sehr irren. Seine allgemeine Färbung ist das bekannte bläuliche, oder auch leicht gelbliche Opalisiren der Medusengallerte; nur die Armlappen haben einen ausgeprägteren gelblichen Ton. Die Schirmoberfläche zeigt, namentlich bei seitlich reflectirtem Licht, einen leichten Rosaschimmer, der reifartig erscheint. Bei näherer Besichtigung stellt sich heraus, dass dieser Farbenton von einer Menge länglicher oder fast leistchenartiger, ziemlich dicht und radiär gestellter Wärzchen herrührt, die eine braunrothe Färbung tragen. Die oben besprochenen pigmentirten und baumartig verzweigten Leisten auf der gewölbten Schirmfläche der *Crambessa* sind augenscheinlich nur eine weiter entwickelte Form derselben Gebilde.

Eine besonders auffällige Färbung besitzen aber die endständigen Anhänge der Arme. Ihr erstes Drittel ungefähr ist allerdings noch von der allgemeinen Farbe der Medusengallerte;

an der Grenze des zweiten Drittels etwa tritt aber eine anfangs gelblichbraune, rasch an Intensität zunehmende Färbung auf, die schliesslich in ein sehr schönes, tief purpurbraunes Colorit übergeht, das dem Anhange bis zu Ende eigen bleibt. An Weingeistexemplaren geht diese Färbung fast völlig verloren.

Der Schirmsaum wird durch acht Sinnesorgane in ebensoviele Hauptlappen getheilt, die ihrerseits wieder durch alternirend tiefer und weniger tief eindringende Einschnitte in je acht Randlappen, oder besser, in je vier Randlappenpaare zerfällt werden. Die Gestalt dieser zungenförmigen Randgebilde, die in eine mässige, leicht abgerundete Spitze ausgehen, dürfte aus der gegebenen Abbildung Fig. XVIII. zur Genüge hervorgehen, und eine weitere detaillirte Beschreibung überflüssig sein. —

Die an den Enden der Perradien und Interradien gelegenen Sinnesorgane werden ebenfalls getragen von einem kleinen, nach der Peripherie hin in zwei Zipfel getheilten Sinneslappen.

3. Die Centralhöhle und die Genitalorgane des Rhizostoma luteum.

Auch hier sind die Genitalorgane topographisch in so enger Beziehung zu der Centralhöhle, dass eine gemeinsame Schilderung der beiden sonst so heterogenen Apparate sich durch eben diese Beziehungen rechtfertigen lässt.

Wenn wir die schon vorhin als im Allgemeinen pyramidal bezeichnete Gestalt der Centralhöhle hier einer näheren Bestimmung der Form unterwerfen, so können wir dies dahin ergänzen: Die Grundfläche der vierseitigen Pyramide wird begrenzt von dem Centrum der oralen Schirmfläche, ihre Kanten fallen in die Ebenen der Perradien, und zwar in die Mittellinie der Pfeiler, und treffen im Centrum der Armscheibe, als in ihrer Spitze, zusammen. Die nach aussen concaven Seitenflächen werden gebildet durch die Gastrogenitalmembranen.

Die Pfeiler (Fig. XVIII; *P.*) sind zwar noch ziemlich massige Gallertgebilde, erreichen jedoch auch nur relativ nicht annähernd die Entwickelung, namentlich nach der Dickendimension, wie diejenigen der *Crambessa.* Sie inseriren sich an den Schirm in einer Distanz vom Centrum, die etwa der Hälfte des Schirmradius gleichkommen mag. Ihre Breite an der Ansatzstelle ist ziemlich beträchtlich, und sie überragen mit ihren Seitenrändern den benachbarten Adradius, der durch einen Radiärcanal markirt ist, noch eine Strecke weit. Nach der Armscheibe zu, in welcher sie aufgehen, verschmälern sie sich fast auf die Hälfte ihrer Breite am Schirmende, verdicken sich aber dabei etwas, so dass die plattenartige Form des Schirmendes nach unten in eine comprimirt cylindrische übergeht (Fig. XIX; *P.*).

Ihre abaxiale Fläche ist völlig glatt; auf der Mittellinie ihrer axialen Seite tragen sie eine halbcylindrische schmale Längsrinne (Fig. XVIII, XIX; *s.*), deren Ränder leistenartig hervortreten, und an deren Aussenseite jederseits eine Gastrogenitalmembran mit gefälteltem Rande sich inserirt (Fig. XIX; *M. gg.*).

Diese Rinnen setzen sich auf die aborale Seite der Armscheibe fort (vergl. Fig. XIX); gegen das Centrum derselben vertiefen sie sich mehr und mehr, und treffen dort mit den Ecken einer viereckigen Oeffnung, deren Seiten nach innen convex geschweift sind, zusammen (Fig. XIX; *O.*), so dass diese Rinnen als die Verlängerungen derselben betrachtet werden können. Die leistenförmigen Einfassungen der Rinnen verbreitern sich um so mehr, je näher sie dem Centrum der Armscheibe kommen, und je zwei benachbarte gehen in einem parabolischen Bogen in einander über; die Oeffnung erscheint so von einem vierseitigen Trichter mit ausgezogenen Ecken eingefasst. Die Gastrogenitalmembran folgt mit ihrer Insertion den Leisten.

Wenn so die Pfeiler zur Begrenzung der Centralhöhle nicht viel beitragen, da sie blos ihre äussersten Kanten bilden helfen, so ist dafür der Antheil der Gastrogenitalmembranen an dem völligen Abschluss des Hohlraumes ein um so grösserer. Ueber die Pfeiler und die Armscheibe hin haben wir sie bereits verfolgt; es erübrigt nun nur noch, ihre Ansätze an der unteren Schirmseite zu behandeln.

Da, wo die Rinne auf der axialen Seite des Pfeilers am Schirme endigt, geht die Gastrogenitalmembran auf den letzteren über, und zieht in einem nach innen convexen Bogen zum nächsten Pfeiler der entsprechenden Seite. Bei der Betrachtung der unverletzten Meduse von unten, wie etwa in Fig. XVIII, sieht man nur einen ganz kleinen Theil der Membran, da die Pfeiler sie grösstentheils verdecken. Gewöhnlich ist blos der Theil ihres Randes sichtbar, unter welchem der interradiale Radiärcanal entspringt, und welcher durch die von ihm ausstrahlenden Falten in die Augen fällt.

Die Geschlechtsorgane hatten zur Zeit, als die Thiere zur Beobachtung kamen, wohl auch noch nicht ihre völlige Ausbildung erreicht, wenigstens traten sie nicht so massig hervor, wie man es sonst bei Acalephen nach erlangter Reife zu sehen gewöhnt ist. Sie verlaufen in der Gastrogenitalmembran, von den Pfeilern verdeckt, in einem nach innen convexen Bogen, diesen letzteren in ihrer ganzen Länge folgend.

In Fig. XVIII sind sie bei *G.* durch die Pfeiler hindurchschimmernd gezeichnet. — Ihre Innenseite ist mit ähnlichen tentakelartigen Gebilden besetzt, wie wir sie bei der *Crambessa* beschrieben haben; auch die vielfache krausenartige Faltung haben sie mit dieser und den anderen Classenrepräsentanten in völlig gleicher Weise gemein.

Wir haben nun schliesslich hier noch ein Organ zu besprechen, das bei unserem Thiere allerdings in keinerlei näherer, functioneller Beziehung zu der Centralhöhle und auch wohl kaum zu den Genitalien steht, dessen Homologon wir aber bei der *Crambessa*, wo es eine ungleich beträchtlichere Entwickelung erreicht, an entsprechender Stelle abgehandelt haben. Es ist dies die Genitalklappe (Subgenitalklappe Hckl.), welchen Namen wir auch beibehalten wollen, obschon die Form des Organes zur Anwendung der Bezeichnung »Klappe« wenig berechtigt.

Auf der Unterseite des Schirmes, zwischen den Pfeilerinsertionen in den Interradien gelegen (Fig. XVIII; *V. g.*), befinden sich vier Vorsprünge der Schirmgallerte von höckerartiger Gestalt und eiförmigem Umrisse. Das abgerundete breitere Aussenende liegt ungefähr in gleicher Entfernung vom Schirmcentrum wie die Pfeilerinsertionen, d. h. etwa in der Mitte des Schirmradius; das schmälere Innenende rückt bis auf einige Millimeter Abstand an den Verwachsungsrand der Gastrogenitalmembran mit dem Schirme heran. Der Höcker ragt nicht sehr über das Niveau des Schirmes hervor, namentlich wenig an seinem breiteren Aussenende, wo er sich allmälig in denselben abflacht. An diesem Rande befindet sich ein leichter, oft kaum bemerkbarer Ausschnitt als einzige Andeutung der tiefgehenden Theilung in zwei Hälften, die wir bei der Genitalklappe der *Crambessa* gefunden haben. Unter der Genitalklappe zieht der interradiale Radiärcanal, den man durch sie hindurchschimmern sieht.

Die Uebereinstimmung der hier beschriebenen Form der Genitalklappe mit der bei *Rh. Cuvieri* erhellt bei einem Blicke auf die oben citirten Abbildungen des letzteren, wenn auch hier das Organ wohl nicht immer so deutlich differenzirt sein mag, wie in unserem Falle.

4. Das peripherische Canalsystem des Rhizostoma luteum.

Das System der Radiärcanäle, des Ringcanales und des dazwischen gelegenen Maschennetzes stimmt bei unserer Meduse in allen wesentlichen Punkten mit dem der *Crambessa*, ferner bis in das Einzelne mit dem des *Rh. Cuvieri*, wie es uns durch die speciellen Darstellungen von Eysenhardt, Milne Edwards und A. Brandt bekannt geworden ist, überein. Ausserdem ist es, wie wir glauben, in unserer Fig. XVIII in so übersichtlicher Weise dargestellt, dass wir uns einer eingehenden Besprechung enthalten und uns auf einige Bemerkungen beschränken können.

Die hier ebenfalls vorhandenen 16 Radiärcanäle vertheilen sich wieder in vier erster, vier zweiter und acht dritter Ordnung, die den resp. Perradien, Interradien und Adradien zu-

gehören. — Die Ersteren, die in der Verlängerung der Rinne der axialen Pfeilerseite verlaufen, sind wieder die kürzesten, die interradialen die längsten, wie bei der *Crambessa*; der Beginn der letzteren, da, wo die Falten des Gastrogenitalmembran ausstrahlen, zeichnet sich durch eine eigenthümliche Verengerung aus. Die adradialen Canäle stehen bezüglich ihrer Längenentwickelung zwischen den beiden anderen; ihr Winkelabstand zu ihnen ist nicht in einer so auffälligen Weise alterirt, wie bei *Crambessa*, wie auch ihre Verlängerung rückwärts gegen das Schirmcentrum hin dieses nicht so bedeutend verfehlt, wie bei jener.

Der Ringcanal (Fig. XVIII; *C. ci.*), in welchen alle diese Canäle einmünden, und über welchen hinaus sie sich gegen die Schirmperipherie fortsetzen, ist wie bei *Crambessa* kein glatt begrenztes Rohr, sondern ebenfalls mit vielerlei Unregelmässigkeiten, Erweiterungen und Ausbuchtungen versehen, wie es durch die Configuration des beiderseits von ihm gelegenen Maschennetzes bedingt ist.

Das innerhalb des Ringcanales gelegene Maschennetz (Fig. XVIII; *P. ic.*) enthält in jedem seiner 16 Felder nur wenige Maschen, die im Allgemeinen grösser sind, als diejenigen des äusseren Netzwerkes. Von demjenigen der *Crambessa* unterscheidet es sich dadurch, dass es nur mit dem Ringcanal in Communication steht, und nicht auch mit den Radiärcanälen, die sich bis zum Eintritt in den Ringcanal als einfache flache Röhren ohne Ausläufer darstellen.

Das extracirculäre Maschennetz (Fig. XVIII; *P. ec.*) wird durch die Verlängerungen der Radiärcanäle über den Ringcanal hinaus ebenfalls in 16 Felder getheilt, die von zahlreichen unregelmässigen, gegen den Rand zu allmälig an Grösse abnehmenden Gefässmaschen gebildet werden. Die letzten und kleinsten dieser Maschen erstrecken sich bis auf die Mitte der Randlappen hinaus. — Dies Alles hat unsere Art mit dem *Rh. Cuvieri* gemein.

5. Die Arme des Rhizostoma luteum.

Die Armscheibe (Fig. XVIII; *A. sch;* Fig. XIX) ist bei unserer Form ein Gebilde, das eine geringere Differenzirung als bei der *Crambessa* aufweist; namentlich würde der dort gebrauchte und ganz passende Vergleich mit dem Schirme hier wenig anwendbar sein. Sie bildet vielmehr ein prismatisches, oben, wenn wir von den Pfeilerenden absehen, abgerundet-vierkantiges, unten in die 8 Arme sich theilendes Gallertstück, das von unten her tief ausgehöhlt erscheint. — Die aborale Seite derselben wurde schon oben gelegentlich der Centralhöhle besprochen.

Die Arme sind in vier Paare vereinigt, von denen je eines zu einem Pfeiler gehört. Die

paarweise Zusammengehörigkeit lässt sich mehr aus der Stellung zu den Kanten des »Schirmstieles« entnehmen, als etwa aus einer weiteren Verwachsung je zweier zusammengehöriger Arme, obgleich diese Differenz nicht zu übersehen ist; der einspringende Winkel zwischen je zwei benachbarten Armen zweier Paare ist viel tiefer, als zwischen den Armen eines und desselben Paares.

Auffallend in der Bildung der Arme ist das Missverhältniss zwischen Ober- und Unterarm — wobei wir vorläufig noch von dem endständigen Anhang absehen — verglichen mit den analogen Theilen sowohl bei *Crambessa* als bei *Rh. Cuvieri.* Bei frischen, noch recht prallen Exemplaren kommt fast die ganze Länge des Armes bis auf den Anhang auf Rechnung des Oberarmes, indem der Unterarm sich annähernd senkrecht zu ihm, und damit zur Axe des Thieres stellt, demnach zur Verlängerung in der Richtung der Axe wenig beizutragen vermag (vergl. Fig. XX). Bei der in Fig. XVIII gegebenen Totalansicht fällt dies weniger auf, weil hier die Arme durch die Einwirkung des Weingeistes schon erschlafft und collabirt waren.

Die Arme nehmen in der Richtung senkrecht auf die Axe von oben nach unten an Breite zu, was aber nur auf Rechnung des axialen Blattes zu schreiben ist, das sich nach unten erweitert. Der ganze Armcomplex erhält dadurch die Gesammtform einer Pyramide, von deren Basis die Endanhänge als ein Büschel von dicken Fäden herunterfallen. Bei *Crambessa* und *Rh. Cuvieri* bilden die Arme, wenn sie freihängen, eine Doppelpyramide, von welchen die obere kürzere dem Oberarm, die untere längere dem Unterarm angehört.

Ziemlich weit oberhalb der Theilung in die Einzelarme sitzen die sogenannten »oberen blattförmigen Anhänge« (vergl. die Figg. XVIII, XX; *Ap. s.*). Zu jedem der Arme, die sich in dieser Gegend mehr als abgerundete, vorspringende Kanten des »Stieles« markiren, gehören deren zwei, im Ganzen sind es also 16. Sie sitzen mit breiter Basis dem Arme vertical an, treten senkrecht nach aussen, und biegen sich dabei nach unten. Ihr unterer concaver Rand ist völlig glatt; an ihrem convexen oberen Rande tragen sie jederseits wieder eine Anzahl (6—10) secundäre Blätter von im Ganzen ähnlicher Form. In Fig. XX, wo sie frisch und prall dargestellt sind, zeigen sie ihre natürliche Lage mit der Spitze nach aussen; in Fig. XVIII sind sie schlaff und nach innen umgeschlagen. Auf ihrem oberen Rande tragen sie wieder die bekannten, zahlreiche Aus- und Einbuchtungen aufweisenden kleinsten Läppchen, an welchem die Mundöffnungen sich befinden.

Am unteren Ende des Oberarmes erheben sich auf der abaxialen Seite desselben zwei

steil aufgerichtete Fortsätze, die durch eine tiefe Einbuchtung von einander getrennt sind. Ihr oberer, gebogener Rand ist glatt, der untere zeigt wieder die Zertheilung in secundäre etc. Lappen mit Mundöffnungen.

Dies sind die stark verkürzten abaxialen Blätter des Unterarms, wie wir sie bei *Crambessa* beschrieben haben, und wie sie sich auch bei *Rh. Cuvieri* wiederfinden. Durch die starke Entwickelung des Endanhanges auf Kosten der Hauptmasse des Armes lässt sich diese Verkürzung in der Richtung der Axe, sowie die Erhebung in der darauf senkrechten Richtung morphologisch erklären.

Auch die axiale Lamelle, die dem Ober- und Unterarm gemeinsam ist, ist in ihrem unteren Theile stark verkürzt, dafür aber um so mehr verbreitet. Sie bildet eine durch quere, vom Armstamme entspringende Streben gestützte Membran, deren freier Rand wieder die charakteristische Lappenbildung aufweist. Wie bei *Crambessa* und *Rh. Cuvieri* setzen sich die Lamellen in Gestalt von niedrigen, leistenartigen Kämmen auf die Oralseite der Armscheibe fort, und bilden dort jene eigenthümliche Figur mit seitlicher Symmetrie, die aber nicht so deutlich ausgeprägt ist, wie bei *Crambessa*.

An der Stelle, wo das vertical abwärts steigende axiale, und die horizontal verlaufenden abaxialen Blätter mit einander zusammentreffen, tritt aus dem Gewirre der Lappen die directe Verlängerung des Armes in Gestalt des Endanhanges hervor. — Bei kleineren Exemplaren (vergl. Fig. XVIII; *T.*) wurden diese regelmässig dreikantig prismatisch gefunden, von Strecke zu Strecke mit Einkerbungen an den Kanten; bei dem einzigen erbeuteten grösseren Thiere waren dieselben fast rund, mit sehr zahlreichen Querrunzeln (Fig. XX; *T.*). Das Ende ist kolbig verdickt, weniger auffällig bei den kleineren als bei den grösseren Exemplaren, wo nach vorheriger Verschmächtigung des Anhanges die Endanschwellung sich fast eiförmig herausstellt. An den kleineren waren die Kanten besonders deutlich auf dem verdickten Ende; sie liessen sich bis auf die abgestutzte Endfläche verfolgen.

An den untersuchten Exemplaren waren übrigens meist nur einer oder ein paar dieser Anhänge erhalten, die andern mehr oder weniger weit abgerissen. Die auffallende Form und Färbung dieser Gebilde macht sie wohl zu einem verlockenden Object für Fische und andere Räuber der See, die sie mit ihren Angriffen beschädigen.

Diese Anhänge finden sich, wenn auch nur in geringer Ausbildung, bei *Rh. Cuvieri* wieder als kurze, massige, dreikantige Endkolben der Arme, auf welche sich die Lappen mit den Mundöffnungen nicht erstrecken (vergl. besonders die oben citirten Abbildungen von M. Edwards). —

Auch das von Häckel untersuchte Exemplar der *Crambessa* hat nach seiner Abbildung und Beschreibung einen solchen besonders differenzirten terminalen Theil besessen; wenn wir aber hierauf nur geringes Gewicht legen, so geschieht dies, weil dies Vorkommen nach unseren eigenen Beobachtungen höchstens ein individuelles ist, wenn es nicht gar seine Erklärung in dem Abschmelzungsprocesse finden sollte, den wir schon oben als muthmasslichen Grund der Verschiedenheit in unseren beiderseitigen Darstellungen der mundtragenden Lappen aufgeführt haben.

Das Canalsystem der Arme ist einfach. Ein Hauptcanal (Fig. XX; *c. br.*) durchzieht jeden derselben seiner ganzen Länge nach, und nimmt sowohl den einzelnen Streben entsprechende Canäle von dem axialen, als je einen solchen von jedem der beiden abaxialen Blätter auf. Ausserdem führt von den »obern blattförmigen Anhängen« je ein Rohr in den Hauptcanal. — Dieser letztere durchzieht den Endanhang einfach und ungetheilt bis zu seiner terminalen Anschwellung (Fig. XX; *c.' br.'*); hier theilt er sich in mehrere Aeste, die ihrerseits wieder in kleinere Zweige sich auflösen, welche auf der Oberfläche münden. — Das nähere Verhalten der Mündungen konnte leider nicht untersucht werden.

Damit wollen wir die Schilderung des Baues unserer Meduse abschliessen. Es dürfte überflüssig sein, noch besonders auszuführen, inwiefern die beschriebenen Structurverhältnisse für die Stellung massgebend gewesen sind, die wir unserem Thiere im Systeme angewiesen haben. Eine so durchgreifende Uebereinstimmung im Bau, die allein in der starken Ausbildung eines einzelnen Theiles (des Endanhanges) abweicht, mit welcher eine entsprechende Reduction eines andern Theiles (des flügeltragenden Unterarmes) Hand in Hand geht, scheint uns wenigstens die Aufstellung einer besonderen Gattung, wenn auch nicht zu verbieten, so doch überflüssig zu machen. Theilt man unsere Auffassung, so hätten wir demnach künftig in den europäischen Meeren zwei Arten der Gattung *Rhizostoma* zu verzeichnen: *Rh. Cuvieri* und *Rh. luteum* — wenn man nicht der Auffassung von Agassiz huldigt, der die Mittelmeerform von *Rh. Cuvieri* als *Rh. pulmo* abtrennt, wodurch dann die Zahl der Arten auf drei sich erhöhte. Wir selbst sind aus Mangel an Autopsie nicht competent, über die Berechtigung der Trennung der alten Art ein eigenes Urtheil abzugeben; wir wollen hier nur noch anfügen, dass die oben citirten Arbeiten von Eysenhardt, A. Brandt und die Zeichnungen von M. Edwards sich auf die Mittelmeerform beziehen, also auf *Rh. pulmo* Ag.

C. Vergleichung der Organisation der Crambessa Tagi mit derjenigen der übrigen Rhizostomeen.

Wir haben in der *Crambessa Tagi* (und in *Catostylus mosaicus*) eine eigenthümliche Form von Rhizostomeen kennen gelernt, die uns, trotzdem wir im Wesentlichen dieselben Organe wiederfanden, wie sie bei anderen Vertretern der Ordnung bekannt sind, noch immer etwas fremdartig und der Erklärung bedürftig erscheint. Wenn wir nun es unternehmen, aus den vorliegenden Daten den Versuch einer solchen Erklärung zu bieten, so sind wir uns wohl bewusst, dass dieser Versuch eben nichts mehr und nichts weniger sein kann, als ein provisorischer, der allenfalls vorhält, bis die Entwickelungsgeschichte eine bessere Erklärung zu liefern im Stande ist. Als Ausgangspunkt für die Vergleichung wählen wir eine Art der Gattung *Rhizostoma*, gleichgültig welche, und sehen diese als Vertreter der Ordnung überhaupt an, da die zwischen dieser Gattung und den übrigen (mit Ausnahme der oben genannten) existirenden Structurdifferenzen verhältnissmässig untergeordneter Natur sind, und für unseren nächsten Zweck ignorirt werden können. Wir haben es hier ja nur mit den Eigenthümlichkeiten zu thun, welche die Centralhöhle, die Gastrogenitalmembran, die Genitalien, Genitalklappen und Pfeiler aufweisen.

Die höhere Differenzirung, die grössere Complication der betreffenden Organe bei *Crambessa* und *Catostylus* gegenüber den anderen Rhizostomeen lässt es von vorn herein als wahrscheinlich annehmen, dass die ersteren aus den letzteren hervorgegangen, und als Weiterbildungen dieser aufzufassen sind. Damit ist auch für unseren Erklärungsversuch der Weg bezeichnet; es ist uns, wenn wir jene Annahme machen, nicht gestattet, mit Zugrundelegung der Organisation der *Crambessa* etc., die unseres *Rhizostoma* auf diese zurückzuführen, sondern umgekehrt.

Um unseren Erklärungsversuch deutlicher zu machen, haben wir eine schematische Figur (Fig. XXI) entworfen, welche sowohl die idealen Organisationsverhältnisse einer Art *Rhizostoma*, als auch die Entwickelung derjenigen von *Crambessa* aus ihnen versinnlichen soll. In dieser Skizze ist ein idealer Schnitt parallel der oralen Schirmseite durch die Pfeiler (*P*), die Gastrogenitalmembran (*M. gg.*) und die Centralhöhle gezeichnet. Die Pfeiler tragen innen die axiale Rinne, von deren Rändern sich die Gastrogenitalmembranen erheben, um die Centralhöhle abzuschliessen. Die hufeisenförmig gebogen in diesen Membranen liegenden Genitalien (*G*) werden je zweimal vom Schnitte getroffen.

Um nun die Organisation der *Crambessa* davon abzuleiten, lassen wir die nach innen convex vorspringenden Gastrogenitalmembranen sich immer mehr nach innen vorwölben (*M'. gg'.*), bis sie sich in den Punkten *a*, *a*, *a*, *a*, des Querschnittes berühren; d. h. wir lassen die bis dahin nur seichten Genitaltaschen oder -höhlen sich stark vertiefen, und in die Centralcavität einsenken.*) Denkt man sich nun die am meisten vorgetriebenen Theile der Gastrogenitalmembranen, die zwischen den Berührungspunkten *a*, *a*, *a*, *a*, gelegen sind, als zu Grunde gehend, die seitlichen Theile aber, die zwischen den Punkten *a*, *a*, *a*, *a* und den Pfeilern sich befinden, mit einander zu einem Rohr über der Pfeilerrinne sich schliessend, so erhält man in den wesentlichsten Grundzügen das bei *Crambessa* und *Catostylus* beobachtete Verhältniss. Aus der Verschmelzung dieser Seitenwände mit einander ginge dann die axiale Pfeilerplatte (*a. P.*) hervor; durch die Communication der Genitaltaschen mit einander nach Beseitigung der trennenden Scheidewände würde der nach zwei Richtungen durchlässige Raum zwischen Schirm und Armscheibe zu Stande kommen. — Die Buchstaben *M.'' gg.''* der Figur bezeichnen denjenigen Theil der ursprünglichen Gastrogenitalmembran *M. gg.*, der nach der supponirten Einstülpung bei *Crambessa* etc. noch als solche persistirt.

Es ist klar, und ohne besondere Zeichnung verständlich, dass auch oben, unter dem Schirme, und unten, auf der Armscheibe, der angenommene Vorgang in sofern ein gleiches Resultat hat, als es zu den factisch bestehenden Structurverhältnissen jener beiden genannten Gattungen hinführt. Die dem Schirm genäherten Wandungstheile werden wieder sich mit einander vereinigen zu der oralen Begrenzung des kreuzförmigen Theils der Centralhöhle, und auf der Armscheibe werden die Rinnen zu eben so vielen Canälen geschlossen.

Freilich wird dadurch nicht erklärt, wie die Verschiedenheit in dem Zusammentreten der Armcanäle (der sämmtlichen bei *Rhizostoma* in ein centrales Rohr, gegenüber der paarweisen Vereinigung bei *Crambessa*) zu Stande kommt.

Einfacher verhält es sich mit der Zurückführung der Genitalklappen der *Crambessa* auf die der Rhizostomen, deren Homologie wir schon betont haben. Aus dem unscheinbaren Höcker, den diese bei den letztgenannten Thieren darstellt, und der höchstens an seiner Aussenseite eine leise Impression als Andeutung einer Theilung zeigt, können wir leicht durch beträchtliche Grössenzunahme nach allen Richtungen, mit Ausnahme der des Interradius, die so

---

*) Für diese Fiction haben wir einen Anhaltspunkt an dem Bau der *Polyclonia frondosa* Ag. (l. c. Vol. III. Taf. XIII. fig. 4), wo die Genitaltaschen tief in die Centralhöhle eingebettet liegen, und nur durch relativ enge Oeffnungen mit der Aussenwelt communiciren.

auffallend entwickelten Deckapparate herleiten, wie sie uns bei *Crambessa* und *Catostylus* anfangs so befremdlich entgegentreten.

Ebenso würde uns dieser Vorgang der Einstülpung die Lage der Geschlechtsorgane erklären, wonach je zwei zu verschiedenen Quadranten gehörige Enden den Pfeilern entlang laufen, und unterhalb des Schirmes hinziehen.

Wir sehen also insofern in den anatomischen Thatsachen kein Hinderniss, vorläufig die von uns aufgestellte hypothetische Entstehungsweise jener eigenthümlichen Organisation anzunehmen. Es wird weiteren Forschungen, die wohl auch im Laufe der Zeit den iberischen Theil des atlantischen Oceans, mehr als bisher geschehen, in Bezug auf seine niederen Bewohner in ihren Bereich ziehen wird, überlassen bleiben, endgültig ihr Urtheil darüber zu fällen.

D. Uebersicht der Familie der Rhizostomeen.

Wenn wir nun zum Schlusse unserer Darstellung den Versuch machen, die Resultate unserer Untersuchung für das System zu verwerthen, so wird die von uns vorgeschlagene Modification desselben wesentlich in einer Umstellung einiger Gattungen aus einer Familie in eine andere, Verbesserung des Charakters einer Familie und dergl. bestehen — eine weitere Reform liegt ausserhalb unserer Macht. Wir stützen uns dabei auf die Uebersicht der Rhizostomeen, die Agassiz (l. c.) gegeben hat, wie es auch Häckel gethan; dem letzteren schliessen wir uns auch darin an, dass wir die höchst zweifelhafte Familie der *Favonidae* Ag. (mit den Gattungen *Favonia* Pér. & Le S. und *Lymnorea* Pér. & Le S.) hier ganz ausser Betracht lassen.

Häckel hat in seiner systematischen Uebersicht der Rhizostomeen sich nicht begnügt, die von Agassiz aufgestellten Charaktere der Familien einfach zu adoptiren, sondern er glaubte sie auch zu verbessern, indem er von »Geschlechtstaschen« und (vermeintlich von diesen verschiedenen) darunter gelegenen »Subgenitalhöhlen« spricht; beide führt er wiederholt neben einander an. Veranlasst wurde er dazu wohl durch seine, oben von uns kritisirte, irrige Auffassung vom Bau der *Crambessa;* indessen ergiebt sich weder für diese, noch für andere Angehörige der Ordnung (soweit wir aus der Literatur darüber ersehen können) die leiseste Berechtigung dafür. Beide Bezeichnungen sind nur Synonyma für die gleichen Gebilde.

Wir behalten hier die Familienbezeichnung »*Crambessidae*« bei, um nicht die Zahl der Namen zu vermehren; bemerken aber noch einmal ausdrücklich, dass unsere Charakterisirung

derselben mit der von Häckel gegebenen fast gar nichts gemein hat. Es hätte sich vielleicht empfohlen, die Familienbezeichnung nach dem Namen des schon länger bekannten Genus *Catostylus* in »*Catostylidae*« abzuändern; dazu dürfte aber noch Zeit sein, wenn sich bei genauerer Untersuchung dieser Gattung ihre Identität mit *Crambessa* auch bezüglich der Randlappen herausstellen sollte, und demzufolge diese letztere Gattung eingezogen werden müsste*).

Die beiden Unterabtheilungen, in welche wir die Ordnung der Rhizostomeen hier trennen, glauben wir durch die zu Grunde gelegten Verhältnisse der Organisation wohl rechtfertigen zu können. Sie bieten zugleich den Vortheil, Formen, die bei eingehenderem Studium sich als Träger analoger Organisation herausstellen sollten (wie dies z. B. oben von *Rhizostoma cruciata* Lesson [*Rhacopilus cruciatus* Ag. gen.] und *Cephea octostyla* Ag. wahrscheinlich gemacht wurde) leicht an ihrem Platz bei Verwandten einreihen zu können. Wir haben in Ermangelung genügender Kenntnisse der fraglichen Thiere dies noch unterlassen zu müssen geglaubt.

Die synoptische Uebersicht der Familien der Ordnung *Rhizostomeae* würde nach unserer Auffassung demnach folgende Gestalt annehmen:

I. Gruppe. Rhizostomeae perviae.

Rhizostomeen mit durchbohrtem Stiel.

Arme mit vier isolirt entspringenden Pfeilern am Schirm befestigt, die keine Genital- (Subgenital-)höhlen bilden (oder, wenn man lieber will, nur eine einzige mit vier interradialen Oeffnungen). Centralhöhle in vier Aeste getheilt, die an den Pfeilern in die Höhe steigen, und unter dem Schirme hinlaufend sich in dessen Centrum vereinigen. Vier Genitalbänder, die in je zwei Schenkel zerfallen, welche paarweise die Aeste der Centralhöhle jederseits begleiten.

1. Fam. *Crambessidae* Häckel (Char. ref.) Mit einfachen, langen, unverzweigten Armen ohne Cirrhen, die im grössten Theil ihrer Länge mit Mundkrausen von gewöhnlichem Bau versehen sind; mit vier perradialen und vier interradialen Sinnesorganen (Randkörpern). Vier stark entwickelte, aus zwei rechtwinklig zusammenstossenden Schenkeln gebildete Genital- (Subgenital-)Klappen bedecken den Schirmtheil der Centralhöhle und der Genitalien fast vollständig.

Catostylus. Crambessa.

---

*) Wie wenig exact oft die Lappenbildung bei Medusen wiedergegeben wird, beweisen u. A. die sonst so trefflichen, oft von uns citirten Abbildungen von Milne Edwards. Auf Taf. 49 zeigt *Rh. Cuvieri* correct 8, auf Taf. 50 dagegen 10 Lappen auf jeden Octanten. Dies mag unser Misstrauen rechtfertigen.

II. Gruppe. Rhizostomeae imperviae.

Rhizostomeen mit nicht durchbohrtem Stiel.

Armtragende Pfeiler nicht isolirt, sondern durch die Gastrogenitalmembranen verbunden, welche gegen die Centralhöhle mehr oder weniger tief eingestülpte Höhlen, die Genital- oder Subgenitalhöhlen, begrenzen; in ihnen liegen die (4 oder 8) Genitalbänder. Centralhöhle einfach, ungetheilt.

A. Mit vier Genitalhöhlen.

a. Mit einfachen, ungetheilten Armen, ohne Cirrhen; mit acht Sinnesorganen.

2. Fam. *Rhizostomidae.* Arme am Ursprung mit je zwei sog. »oberen blattförmigen Anhängen« (ob allgemein vorkommend?), unten dreiflügelig; Endtheil derselben oft mehr oder weniger kolben- oder fadenartig verlängert, und dann ohne Mundkrausen; auch ganz mit einander verwachsen.

Rhizostoma. Stomolophus. Mastigias. Himantostoma. Toxoclytus. Melitaea. Thysanostoma. Evagora.

(*Rhacopilus??* S. oben.)

3. Fam. *Leptobrachidae.* Arme fadenartig verlängert, nur ganz oben am Ursprunge und unten vor dem Ende mit Mundkrausen.

Leptobrachia.

b. Mit getheilten Armen.

α) Mit acht Sinnesorganen.

4. Fam. *Cepheidae.* Die kurzen Arme sehr verwickelt, vieltheilig, mit langen Cirrhen und gestielten nesselnden Knöpfen.

Cephea. Polyrrhiza. Diplopilus. Hidroticus. Cotylorhiza. Phyllorhiza.

(*Cephea octostyla??* S. oben.)

β) Mit zwölf Sinnesorganen.

5. Fam. *Polyclonidae.* Die langen Arme sind wiederholt dichotomisch getheilt, ohne gestielte Nesselknöpfe und ohne Cirrhen; vier perradiale und acht interradiale Sinnesorgane.

Polyclonia. Salamis. Homopneusis.

B. Mit acht Genitalhöhlen.

6. Fam. *Cassiopejidae.* Die baumförmig verzweigten Arme bilden eine achtstrahlige, einfache oder doppelte Rosette, ohne Cirrhen; mit acht Sinnesorganen.

Cassiopeja. Crossostoma. Stomaster. Holigocladodes.

Erklärung der Abbildungen.

1. Bedeutung einiger mehrfach wiederkehrender Buchstaben.

U. = Medusenschirm.
Br. s. = Ober- } Arm.
Br. i. = Unter- } Arm.
A. sch. = Armscheibe.
P. = Pfeiler.
ab. P. = abaxiale Pfeilerplatte.
a. P. = axiale Pfeilerplatte.
C. c. = Pfeilertheil der Centralhöhle.
C'. c'. = Schirmtheil der Centralhöhle.
M. gg.; M'. gg'. etc. = Gastrogenitalmembran.
G. = Genitalregion.
V. g. = Genitalklappe.
C. p. = Perradialer } Radiärcanal.
C. int. = Interradialer } Radiärcanal.
C. ad. = Adradialer } Radiärcanal.
C. ci. = Ringcanal.
P. ic. = Intracirculäres } Maschennetz.
P. ec. = Extracirculäres } Maschennetz.
Ap. s. = Sog. »obere blattförmige Anhänge« (bei *Rh. luteum).*
F. ab. = Abaxiale Blätter des Unterarms.
F. a. = Axiales Blatt des Armes.
T. = Endanhang.
c. br. = Armcanal.
c'. br'. = Fortsetzung desselben im Endanhang.
z. = Gallertkreuz der Armscheibe.
y. = Vorragender Höcker derselben.
w. = Wulst um die Grube des Sinnesorganes.
f. = Grube des Sinnesorganes.
p. = Baumartige Falten derselben.
S. l. = Zipfel des Sinneslappen.
S'. = Erste } Abtheilung des Sinnesorganes.
S''. = Zweite } Abtheilung des Sinnesorganes.
P. R. = Perradius.
J. R. = Interradius.
A. R. = Adradius.

2. Erklärung der Figuren.

Fig. I. *Crambessa Tagi* Hckl.; mittelgrosses Exemplar in natürlicher Grösse.

Fig. II. Ein Stück der Oberseite des Schirmes, um die Pigmentvertheilung zu erläutern. Schwache Loupenvergrösserung.

Fig. III. Mittelgrosses Exemplar, in der Ebene eines Perradius durchschnitten. Die schraffirten Stellen (Schirm, Pfeiler, Armscheibe) sind vom Schnitte getroffen; die bloss mit Umrissen angedeuteten liegen ausserhalb der Schnittebene. Am Schirmrande bedeutet *M* die Ringmuskellage. Der gelbe Streif deutet den Verlauf der Genitalregion an.

Fig. IV. Zwei Randlappen, zwischen denen ein Sinneslappen *(S. l.)* mit einem Sinnesorgan (Randkörper) liegt. Schwache Loupenvergrösserung; von der aboralen Seite gezeichnet.

Fig. V. Ein Sinnesorgan (Randkörper) mit Umgebung, ca. 50 fach vergrössert, von derselben Seite.

Fig. VI A. Ebenso, bei 120 facher Vergrösserung.

Fig. VI B. Krystalle aus der 2. Abtheilung *(S'')* des Randkörpers; schwache Vergrösserung.

Fig. VII. Sinnesorgan von der oralen Seite; *a.* halbmondförmige Falte, die dasselbe theilweise verdeckt; *m.* Muskelelemente.

Fig. VIII. Mittlerer Theil des Schirmes eines grossen Exemplares, in natürlicher Grösse, von der Oralseite gesehen, nach Entfernung der Armscheibe. Die Pfeiler sind dicht an ihrem Ursprunge aus dem Schirme abgeschnitten. Der convexe, wulstförmig vortretende Kreis um das Kreuz trägt die hier nicht wiedergegebene Muskellage (vgl. Fig. III; *M.*). Links sind die Genitalklappen *(V. g.)* auseinandergeschlagen, um die darunter gelegenen Theile (Gastrogenitalmembran, Genitalfalten [die letzteren nicht ganz gut gezeichnet]) zu zeigen.

Fig. IX. Querschnitt durch einen Pfeiler (von dem Exemplar Fig. III.), um das Verhalten der axialen zur abaxialen Pfeilerplatte zu zeigen.

Fig. X. Schnitt durch den Schirm desselben Exemplares, parallel einer Tangente, und senkrecht auf einen Perradius. Der Vergleichung mit voriger Figur wegen umgekehrt, mit dem Schirm nach unten, gezeichnet. In beiden Figuren der Streifen, welchen die Genitalfalten bilden, gelb angedeutet.

Fig. XI A. Armscheibe eines grossen Exemplares, von der aboralen Seite gesehen. Die Pfeiler an der Eintrittsstelle in dieselbe abgeschnitten. Die aus den Rinnen längs der Fortsetzungen der axialen Pfeilerplatten hervorquellenden Genitalfalten sind nur an einer Seite wiedergegeben. Natürliche Grösse.

Fig. XI B. Dasselbe von einem sehr kleinen Exemplare; Relief weniger ausgeprägt als bei voriger Figur. Die Rinnen, in welchen die Genitalfalten liegen, sind hier weite Buchten. Natürliche Grösse.

Fig. XII. Ein Tentakel von den Genitalfalten, contrahirt, bei mässiger Vergrösserung.

Fig. XIII. Ein Theil der Unterseite des Schirmes eines kleinen Exemplares, in $^2/_3$ natürlicher Grösse. Zur Erläuterung des Verhaltens des peripherischen Gefässnetzes, von welchem ein Quadrant dargestellt ist, als ob er injicirt wäre. Das extracirculäre Maschennetz ist nur zum kleineren Theile dargestellt.

Fig. XIV. Gegend der Armscheibe eines grossen Exemplares in natürlicher Grösse von der Seite. Oben die oralen Enden zweier Pfeiler; unten entspringen vier Arme, von denen zwei stark nach aussen gelegt sind. *q.* Streben, welche von den Pfeilern zu den Armen laufen.

Fig. XV A. Oralseite der Armscheibe eines grossen Exemplares, in natürlicher Grösse. Die Arme sind auseinander gelegt, nur ein Theil eines einzigen ausgeführt. Ueber die Bedeutung der mit I, II, III bezeichneten Felder s. d. Text.

Fig. XV B und C. Durchschnitte durch einen Arm, B in der Gegend *a—a* der Fig. XV A.; C in der Gegend *b—b* derselben Figur. In Fig. XV C. sind auf der axialen Seite des Querschnittes Lappen und Crista nicht berücksichtigt.

Fig. XVI. Ein kleiner Theil eines Läppchens der Arme, bei schwacher Vergrösserung unter dem einfachen Mikroskop. Die zahlreichen Tentakel, die den Rand des vielfach gefalteten Trichters einfassen, sind stark contrahirt.

Fig. XVII. Ein Theil einer solchen Trichterfalte, bei stärkerer Vergrösserung, die Tentakel *(t)* mit Nesselknöpfen an ihrem Ende gestreckt. In dieser und der vorigen Figur bezeichnen die dunkler schattirten Parthieen den Hohlraum, auf der der Oeffnung abgewandten Seite sieht man die dickere Gallertwand.

Fig. XVIII. Ein Exemplar von *Rhizostoma luteum*, in natürlicher Grösse, nach kurzer Immersion in Weingeist. Der Schirm ist nach oben geschlagen, so dass man die darunter gelegenen Theile zu Gesicht bekömmt; die Genitalzonen schimmern durch die Pfeiler *(P)* hindurch. Gefässsystem ohne Weiteres deutlich. — Von den 8 Endanhängen der Arme *(T)* nur einer ganz erhalten.

Fig. XIX. Armscheibe eines grösseren Exemplares derselben Art, von der Aboralseite gesehen. Insertionen der Pfeiler bei *P* abgeschnitten, ebenso von den Gastrogenitalmembranen *(M. gg.)* nur geringe, schmale Ränder übrig. Bei *s* die Rinnen, die von der axialen Seite der Pfeiler sich auf die Armscheibe fortsetzen, und, eingefasst von erhabenen Leisten, sich in der Oeffnung *O* treffen, welche zu den Armcanälen führt. Natürliche Grösse.

Fig. XX. Ein Arm desselben Exemplares, frisch von der Seite gezeichnet, in natürlicher Grösse. Die Stellung der sog. »oberen blattförmigen Anhänge« *(Ap. s.)*, sowie der abaxialen Blätter des Unterarms *(F. ab.)* ist hier die natürliche, nicht jene der Fig. XVIII. Die schraffirte Fläche ist Schnittfläche.

Fig. XXI. Schematische Figur, zur Erläuterung der Art und Weise, wie man sich die Organisation der *Crambessa* aus derjenigen der andern Rhizostomeen abgeleitet denken kann. Vgl. darüber den Text.

(Figg. I, II, IV—VII, XI B, XVII von F. C. Noll; Figg. III, VIII—XI A, XII—XVI, XVIII—XXI von H. Grenacher nach der Natur gezeichnet.)

Inhaltsübersicht.





Fig. II.

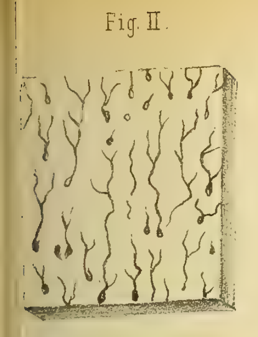


Fig. VI B.



Fig. VI A.

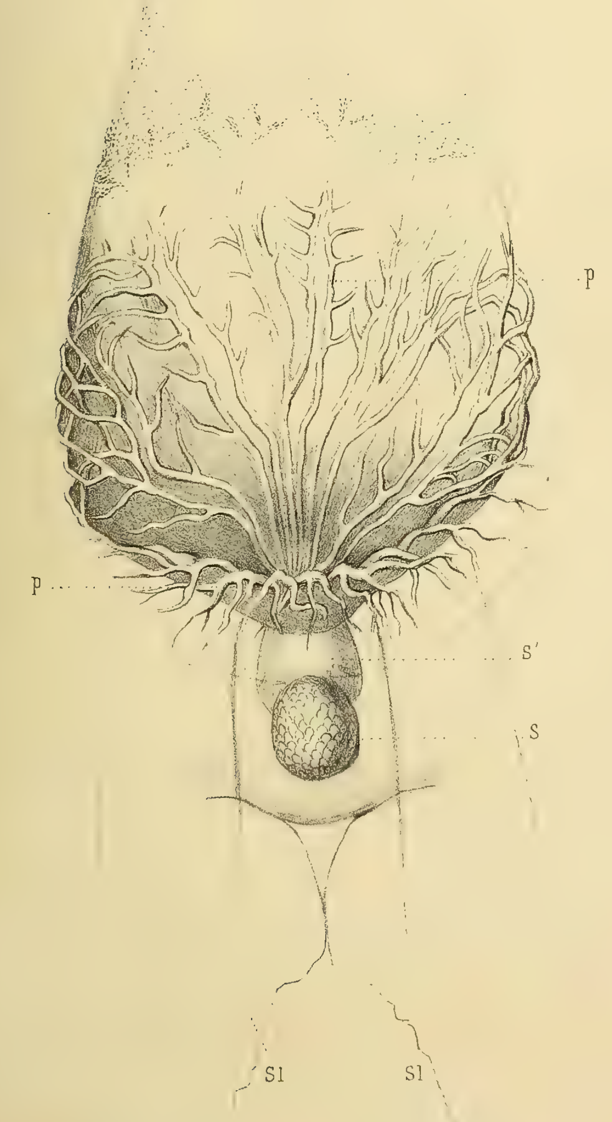


Fig. IV

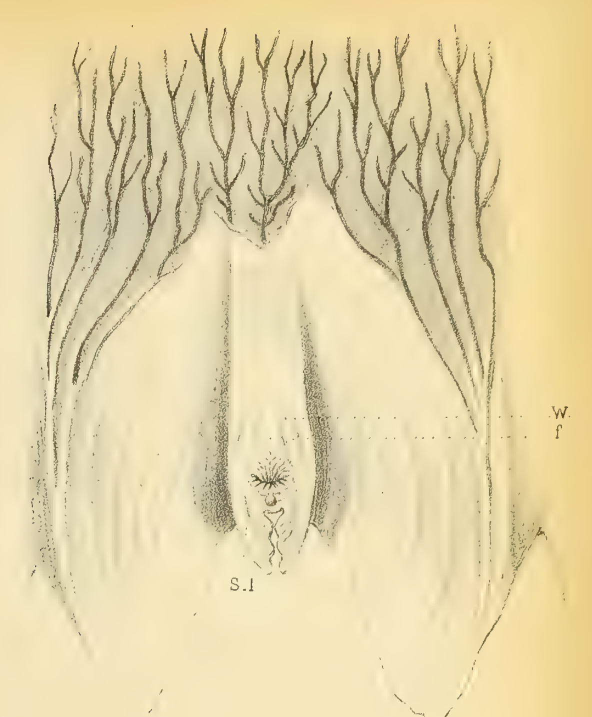
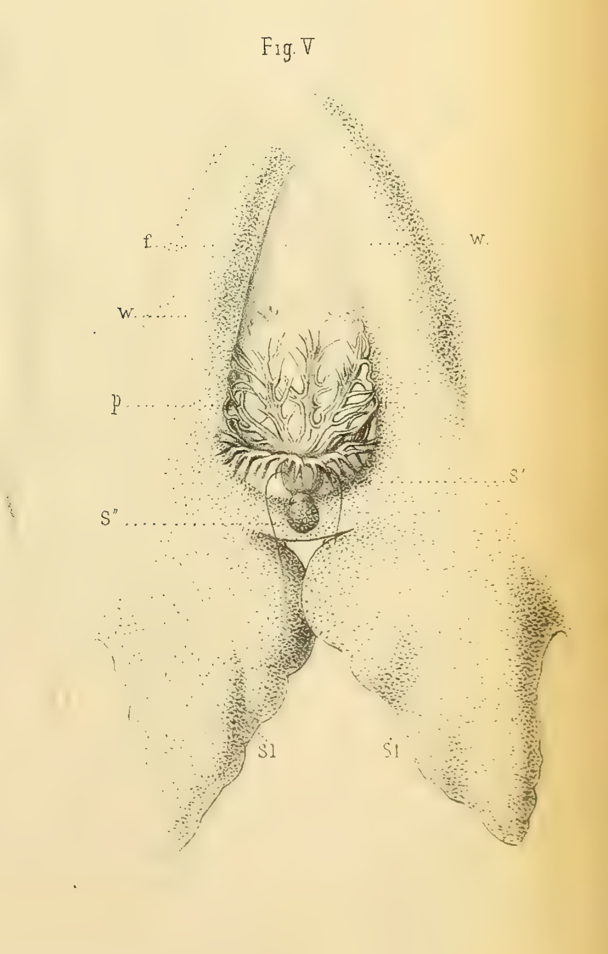
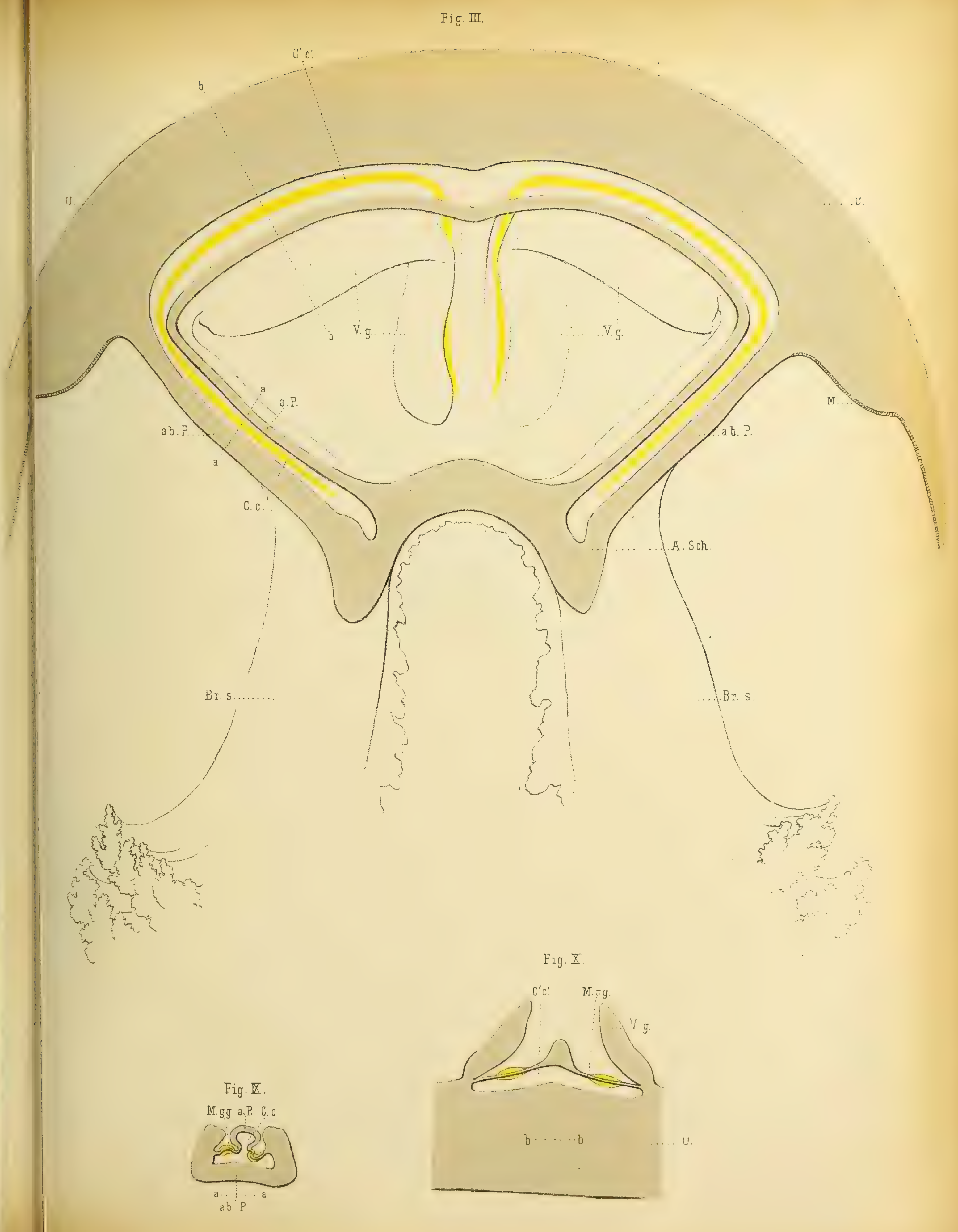


Fig. V

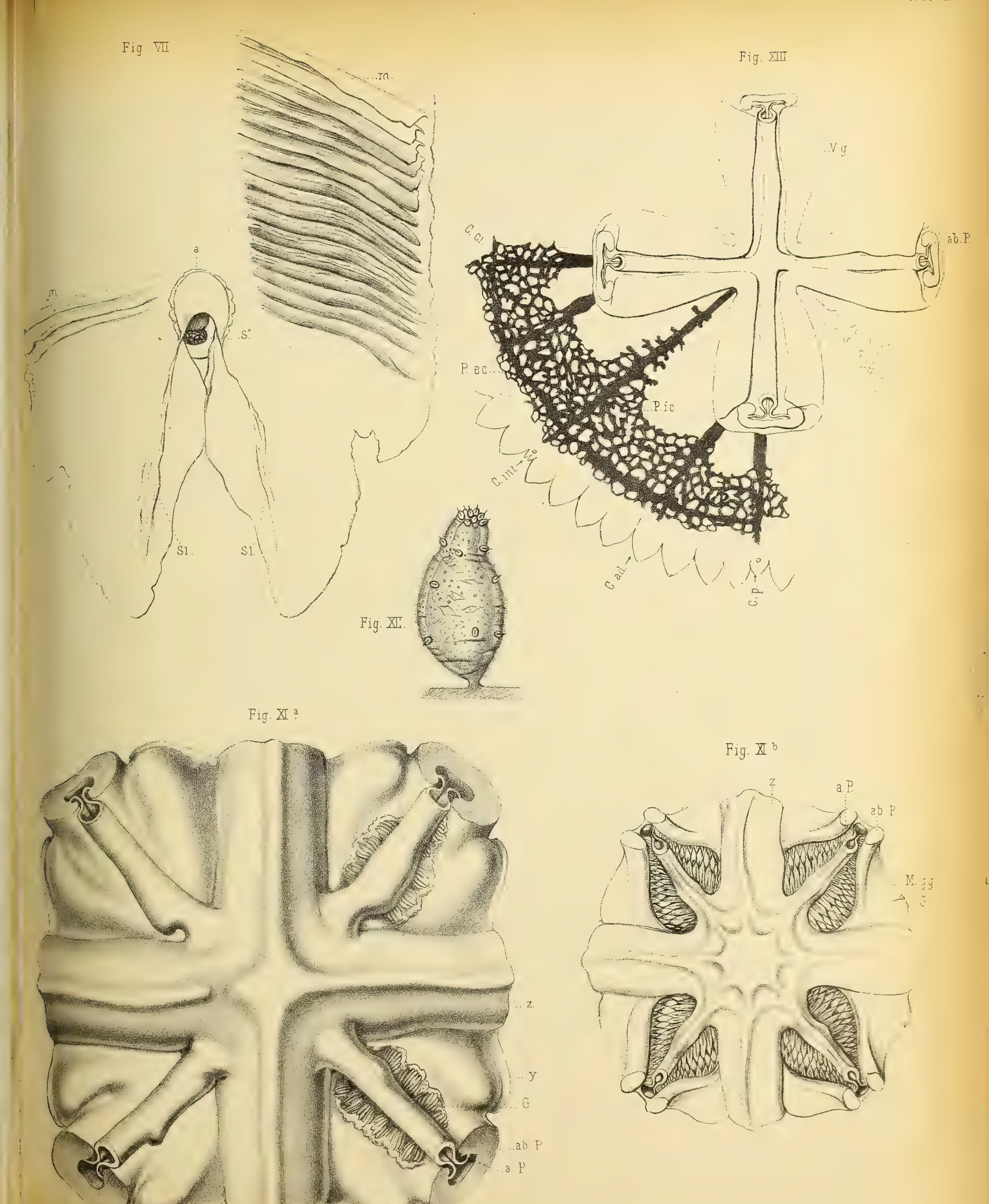




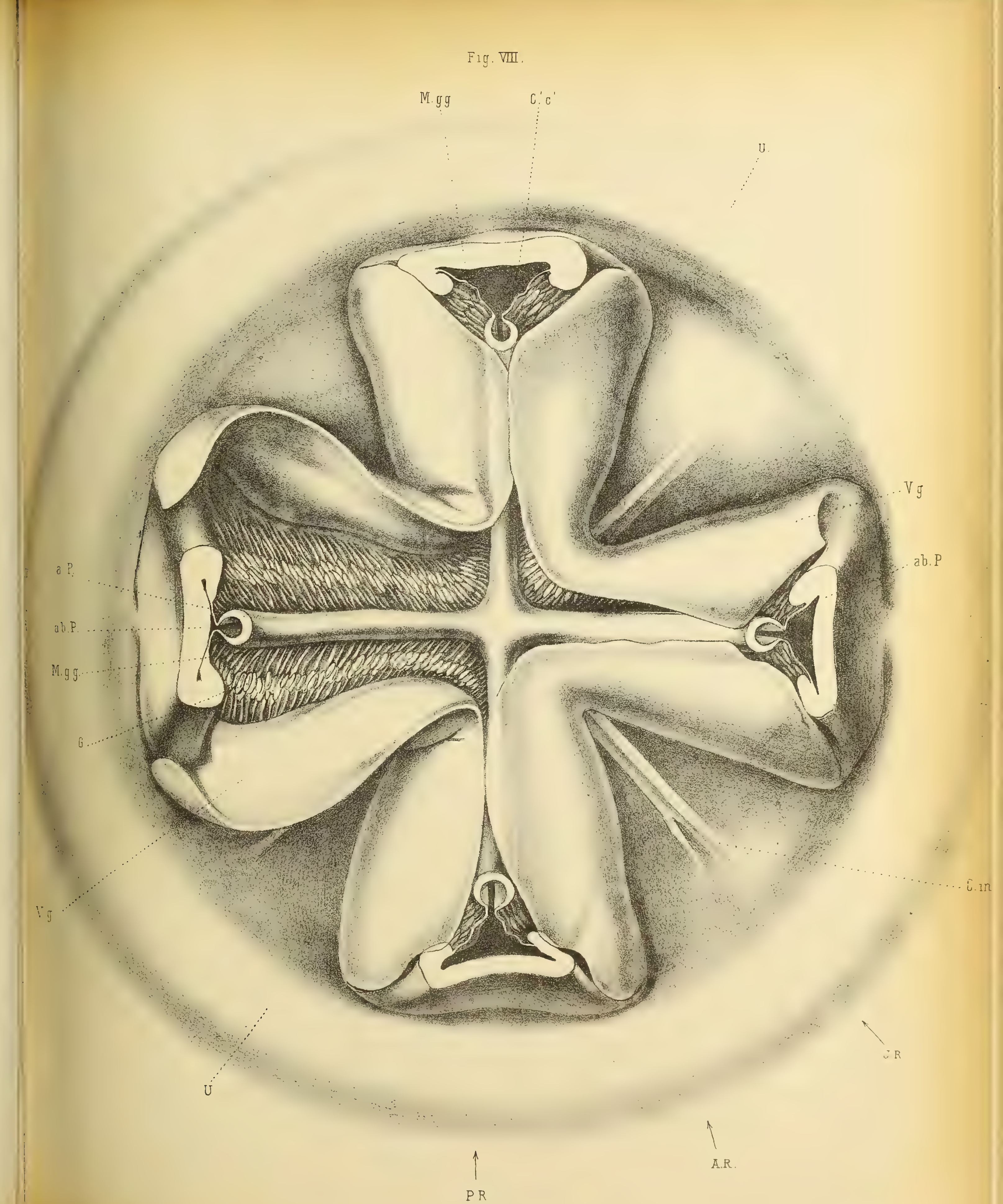
Tafel III.


Fig. III.
C'c'.
b
U.
U.
V.g.
V.g.
a
a.P.
ab.P.
ab.P.
a
M.
C.c.
A.Sch.
Br.s.
Br.s.
Fig. X.
C'c'.
M.gg.
V g.
b
b
U.
Fig. IX.
M.gg a.P. C.c.
a
a
ab P


NATURAL HISTORY


Fig. VII
m
a
S
Sl.
Sl.
Fig. XIII
V g
ab. P.
C. a.
P. ec.
P. ic
C. int
C. ad.
C. p.
Fig. XII.
Fig. XI a
z.
y
G
ab P
a P
z
Fig. XI b
z
a. P.
ab P
M. gg
G




Fig. VIII.
M.gg
C.'c'
U.
Vg
ab.P
aP.
ab.P.
M.gg.
G
C.in
Vg
U
GR
A.R.
PR


NATURAL HISTORY

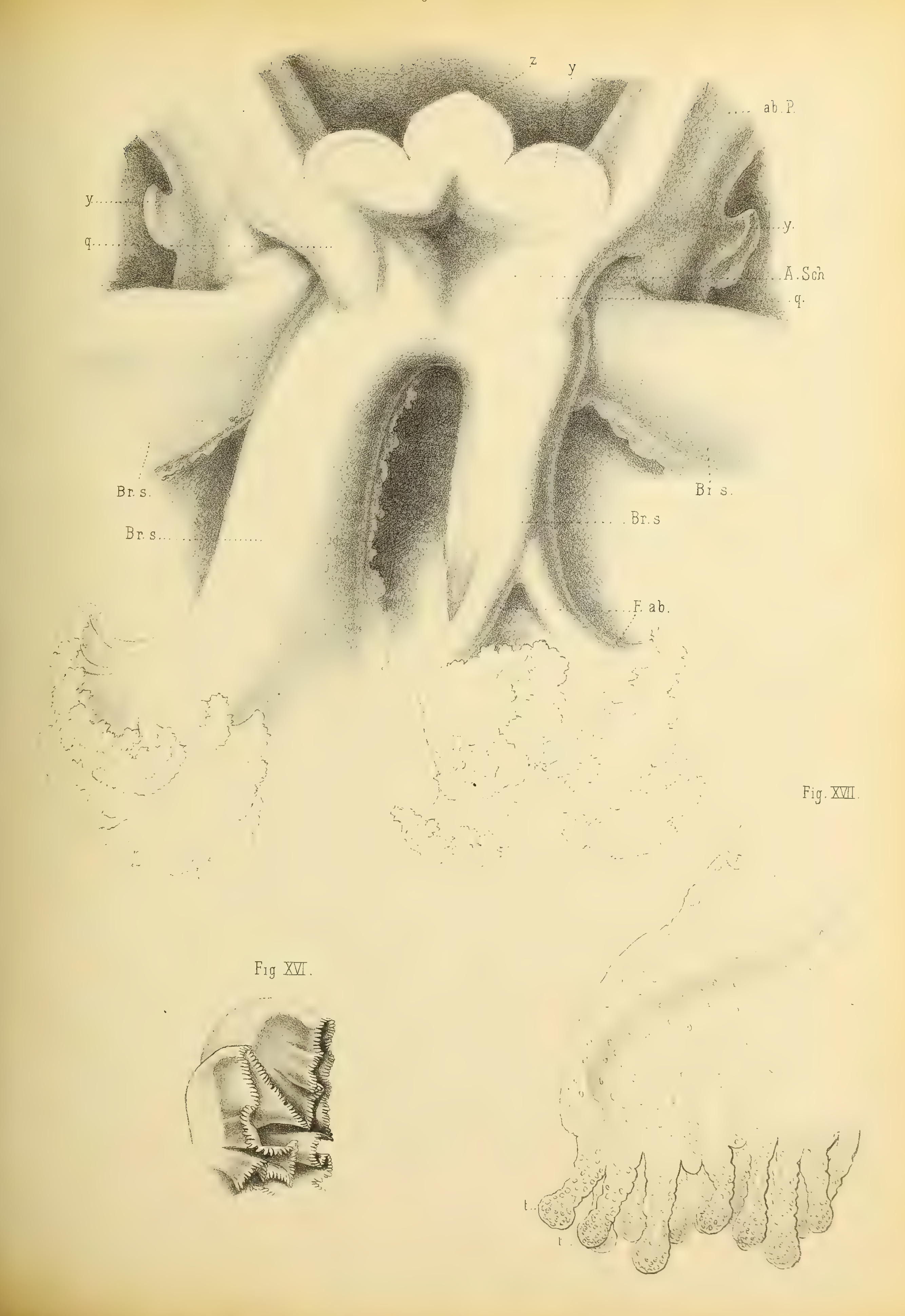


Fig. XIV.
z
y
ab. P.
y
q
y.
A. Sch
q.
Br. s.
Br. s
Br. s.
Br. s
F. ab.
Fig. XVII.
Fig XVI.
t
t


NATURAL HISTORY

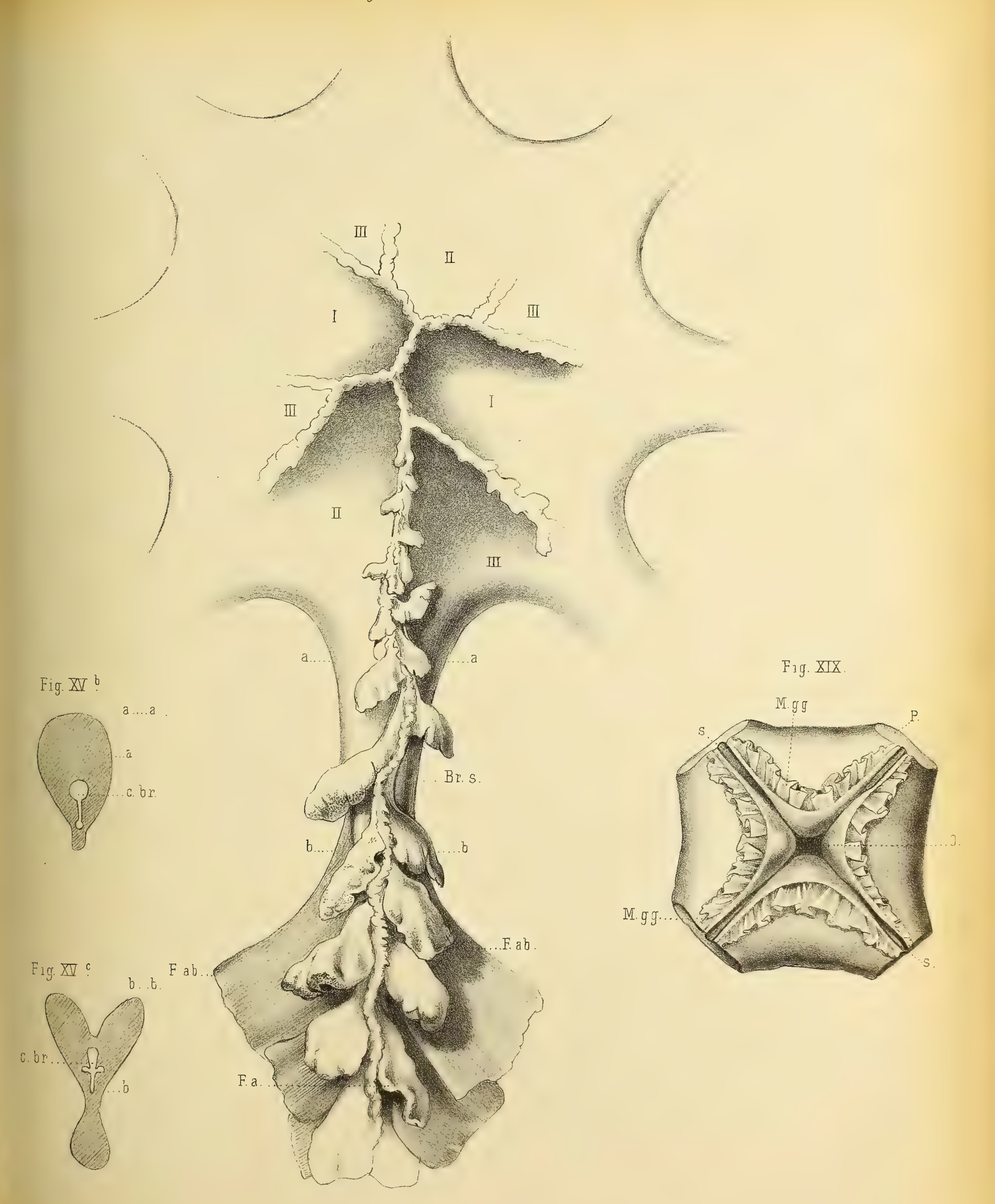
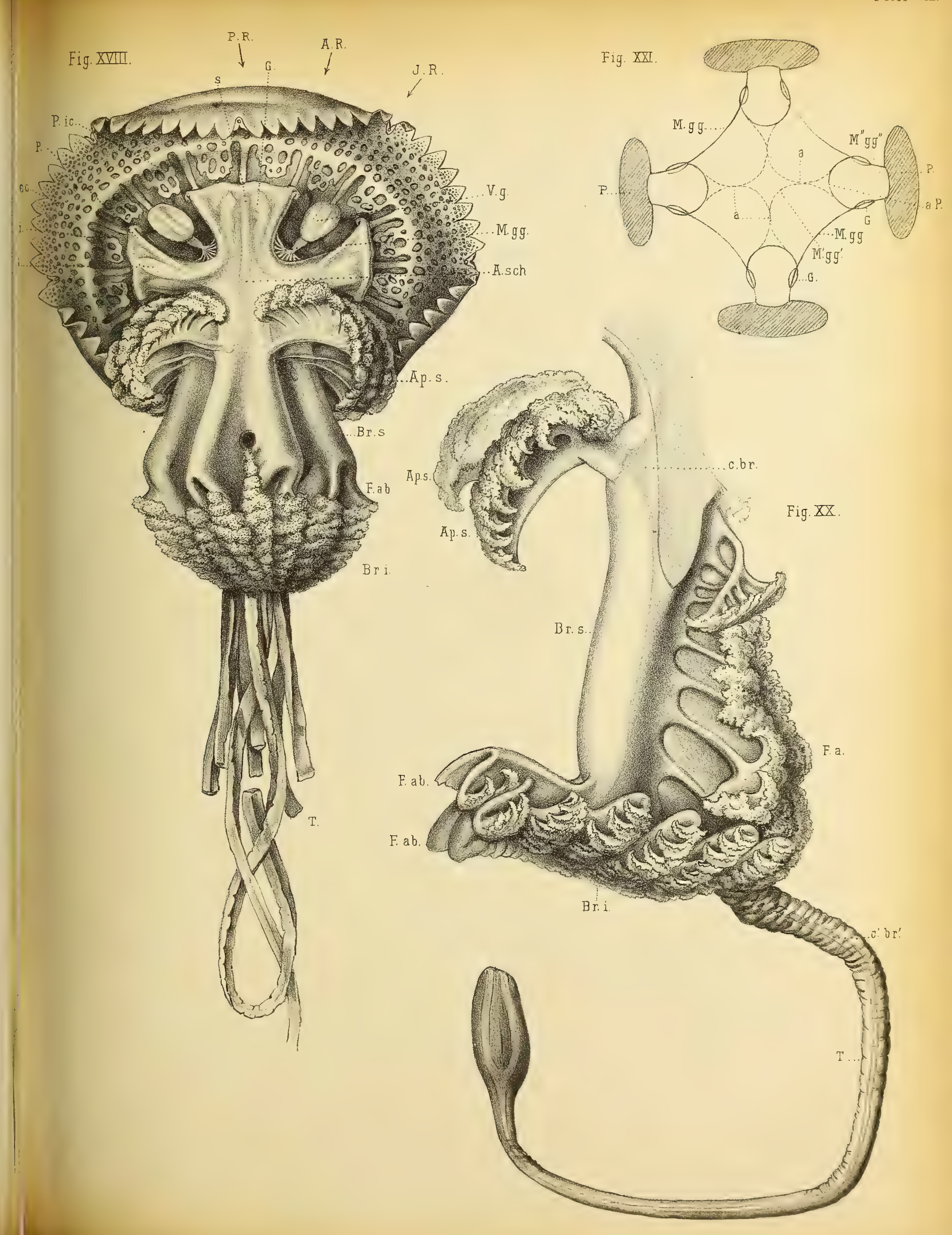


Fig. XV a
III
II
I
III
III
I
II
III
a
a
Br. s.
b
b
F. ab.
F ab
F. a.
Fig. XV b
a....a
a
c. br.
Fig. XV c
b..b.
c. br.
b
Fig. XIX.
M. gg
P.
S.
O.
M. gg
S.




Fig. XVIII.
P.R.
A.R.
G.
J.R.
s
P.ic.
P.
V.g.
M.gg.
A.sch
Ap.s.
Br.s
F.ab
Br.i.
T.
Fig. XXI.
M.gg.
M"gg"
a
P.
a
a P.
G
M.gg
M'gg'
G.
c.br.
Ap.s.
Ap.s.
Fig. XX.
Br.s.
F.a.
F.ab.
F.ab.
Br.i.
c' br'.
T.



Die neuere Theorie über die feinere Structur der Zellhülle, betrachtet an der Hand der Thatsachen

von

Professor Dr. **Leopold Dippel.**

Mit 6 Tafeln.

Zur Begründung der Nägeli'schen Theorie über die feinere Structur der Zellhülle, insbesondere über die Entstehungsweise der Schichtung und spiraligen Streifung der Faserzellen haben der genannte Forscher sowohl, als diejenigen Botaniker, welche demselben ihre unbedingte Zustimmung entgegenbrachten, so namentlich Hofmeister, Sachs u. A. eine Reihe von Thatsachen aufgeführt, die, wenn sie mit dem wirklichen Sachverhalte übereinstimmend gefunden würden, entschiedene Beweiskraft besitzen müssten. Nun standen dieselben aber zum Theil von vornherein mit von anderer, nicht minder glaubwürdiger Seite (Schacht u. A.) veröffentlichten Beobachtungsresultaten z. B. über die Structur der sogenannten »Mittellamelle« in Widerspruch und später habe auch ich, ohne überall tiefer auf die Sache selbst einzugehen, mehrfach, namentlich in dem zweiten Bande meines Mikroskopes, darauf hingewiesen, wie die von den genannten Autoren vorgeführten Beweise nicht überall mit der Natur im Einklange stehen. Es wäre somit Grund genug vorhanden gewesen, in die Prüfung der Beweise für die neuere Theorie einzutreten. Trotzdem aber hat sich — und die Ursache dafür dürfte wol nicht allzu schwer aufzufinden sein — bis jetzt Niemand gefunden, der sich einer gründlichen Revision der in den Werken von Nägeli, Hofmeister, Sachs u. A. niedergelegten Beobachtungen unterzogen hätte.

Dieser Umstand veranlasst mich, meine dahin zielenden, seit einer Reihe von Jahren fortgeführten und mehrfach revidirten Untersuchungen, für welche ich ursprünglich eine andere Weise der Veröffentlichung bestimmt hatte, nunmehr stückweise und in Form von einzelnen in sich abgeschlossenen Abhandlungen darzulegen. Ich kann dabei nicht umhin, den schon einmal (Flora 1874, Nr. 17) ausgesprochenen Wunsch zu wiederholen, dass meine Darlegung Veranlassung zu weiterer Bearbeitung der betreffenden Fragen geben möchte. Ebenso stehe ich aber auch nicht an, und zwar unter entschiedener Verwahrung gegen das neuerer Zeit so sehr in Schwung

gekommene Verschweigen anderer Ansichten und Beobachtungsresultate, die Erklärung abzugeben, wie ich im Interesse unserer Wissenschaft erwarten muss, dass man mit Ernst und Aufrichtigkeit, ohne Voreingenommenheit und Rücksichtnahme auf Persönlichkeiten, an die nicht gerade leichte, sichere Hand und geübtes Auge, wie Zeit und Geduld in Anspruch nehmende Arbeit gehe. Nicht aber, dass klaren und beweisenden — Jedermann zur Einsicht bereit stehenden — Präparaten und den aus denselben sich ergebenden Thatsachen gegenüber, die Sache mit einigen, auf die oberflächliche Betrachtung ungenügender Präparate sich stützenden, namentlich bei jüngeren Leuten landläufig gewordenen Redensarten abgethan werde.

Ich werde mich bei den verschiedenen in Betracht kommenden Punkten an keine bestimmte Reihenfolge binden, sondern dieselben in durch die Umstände bedingten Zwischenräumen je nach freier Wahl einzeln behandeln.

I. Die Structur der Zellhülle und der in sie einmündenden Zellstofffasern der Caulerpa-Arten.

Die Zellhülle sowohl, als die von dem im Hohlraum der Zelle ausgespannten Netzgerüste her in jene sich einsenkenden Zellstofffasern der verschiedenen Caulerpa-Arten besitzen, wie zuerst von Nägeli und dann von Schacht nachgewiesen wurde, eine bald gröbere, bald feinere, immer aber deutlich erkennbare Schichtung.

Der Verlauf dieser Schichtung in den beiden genannten Zelltheilen ist nun von Nägeli, wie von Hofmeister in hervorragender Weise und zwar in Wort und Bild als entscheidender Beweis dafür angeführt worden, dass

1. das Wachsthum der geschichteten Zellhüllen als Ganzes lediglich auf Einlagerung neuer Zellstoffmoleküle zwischen die Molekülarinterstitien bereits gebildeter Hülltheile, also auf Intussusception beruhe,

2. die später sichtbare Schichtung der ursprünglich homogenen Zellhülle als der Ausdruck des Wechsels von aus nachträglicher Scheidung hervorgegangenen wasserarmen und wasserreichen Schichten aufzufassen, und daher

3. die ältere Ansicht von einem nebenher gehenden Wachsthum durch Anlagerung (Apposition) resp. von einer in periodischer Folge stattfindenden Neubildung von Zellhüllgenerationen von der Hand zu weisen sei.

Nägeli sagt in dem zweiten Theile des Werkes »Das Mikroskop, von Nägeli und Schwendner« auf Seite 543 unter Nr. 3:

»In manchen Fällen geht schon aus der Anordnung der Schichtencomplexe und namentlich aus der Vergleichung jüngerer Zustände mit älteren ganz sicher hervor, dass die Vermehrung der Schichten auf der Spaltung schon vorhandener, nicht auf der Anlagerung neuer Substanz auf der Oberfläche beruht. Dies ist z. B. bei zusammengesetzten Stärkekörnern der Fall u. s. w. Ebenso ist auch der Schichtenverlauf in Fig. 219 A, welche einen Durchschnitt durch die Membran von Caulerpa prolifera an der Ansatzstelle einer Cellulosefaser darstellt, mit der Annahme einer Auflagerung unvereinbar; die letztere würde, da der jugendliche Zustand die Verhältnisse von Fig. 219 C zeigt (die Faser als einfache Linie) einen Verlauf der Schichten bedingen, wie er in Fig. 219 B abgebildet ist« (Siehe unsere Fig. 25).

Hofmeister spricht sich auf Seite 193 des ersten Bandes der physiologischen Botanik: »Die Lehre von der Pflanzenzelle« folgendermassen aus:

»Die Zusammensetzung aus Lamellen verschiedenen Lichtbrechungsvermögens besteht bei den Caulerpen nicht allein innerhalb der dicken Zellmembran, sondern auch innerhalb der balkenförmigen, verästelten Fasern, welche frei durch den Zellraum von Wandfläche zu Wandfläche verlaufen. Die Schichten dieser Fasern sind zur Achse der in der Regel cylindrischen Faser concentrisch geordnet. Die Fasern treten in den jüngsten Theilen des Stammes und der Blätter als äusserst dünne Fäden auf, nehmen mit der Ausbildung des Pflanzentheils und während des Dickenwachsthums der Membran desselben allmälig an Dicke zu, und lassen eine Schichtung erst dann erkennen, wenn sie nahezu ihren definitiven Querdurchnitt erreicht haben. Verlauf und Schichtung der Faser ist dann durch alle Lamellen der geschichteten Zellwand hindurch, bis an die äusserste dieser Lamellen, kenntlich (Fig. 53). Es ist klar, dass das Dickenwachsthum der Fasern soweit sie in die sich verdickende Wand eingeschlossen ist, gleichzeitig mit dem Dickenwachsthum der Wand, aber in zu diesem senkrechter Richtung erfolgen muss und dass die Schichtung des in die Wand eingeschlossenen Theiles der Faser nicht durch Auflagerung verschieden beschaffener Lamellen auf die Aussenfläche des bereits vorhandenen Theiles der Faser, sondern nur

durch Differenzirung der durch Intussusception an Dicke zunehmenden Fasersubstanz selbst entstanden sein kann.«

Die angezogene und in unserer Fig. 25 A wiedergegebene Fig. 219 A Nägeli's ist, soweit ich ermessen kann, eine Copie der Fig. 2, Tafel III der Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden und Nägeli (Zürich 1844). Neuere Beobachtungen über die Structur der Zellhülle von Caulerpa scheint also Nägeli, obgleich man dies aus seiner Aeusserung auf Seite 285 der »Stärkekörner« schliessen müsste, nicht unternommen zu haben. Die in der Fig. 24 copirte Figur 53 Hofmeister's dagegen scheint für das oben genannte Werk neu gezeichnet zu sein und gibt ein von der vorhergehenden, wie von den wohl allgemein bekannten Zeichnungen Schacht's entschieden abweichendes, für die neuere Anschauungsweise allerdings recht scharf eintretendes Bild.

Um festzustellen, wie diese Darstellungen, welche, da man ihnen von Seiten der genannten Forscher eine so entschieden beweisende Kraft beilegte, doch nur aus einer recht gründlichen und eingehenden Untersuchung der Thatsachen hätten abgeleitet werden dürfen, sich der Natur gegenüber verhalten und inwieweit sie mich veranlassen müssten, meine Ansichten über die Entwicklung der Schichten zu ändern, sind von mir zunächst ältere Stammstücke einer grösseren Anzahl von Caulerpa-Arten untersucht worden und ist der Sachverhalt, wie ich ihn an sehr instructiven und gelungenen Präparaten gefunden habe, in den Figuren 1—15 niedergelegt.

Diese durch die entsprechenden Originalpräparate gedeckten Figuren, denen meine schon in dem zweiten Bande meines Mikroskopes Seite 340 veröffentlichte Figur 195 an die Seite zu stellen ist, gewähren eine so klar ersichtliche Darlegung des Verhältnisses zwischen den Schichten der Zellhülle und denjenigen der in sie einmündenden Zellstofffasern, dass sie nur weniger erklärender Worte bedürfen.

Durchmustert man zunächst die Figuren 1—6, bei denen die in die Zellhülle eingesenkten Fasern ziemlich genau in der Mitte durchschnitten sind, so ergibt sich daraus:

1. die von der Extracellularsubstanz überlagerte primäre Zellhülle und ein innerer, messbar dicker, doppelt contourirter, über die innere Grenze der Zellhülle hinaus in die Faser zu verfolgender Zellstofffaden der Faser, beide stärker lichtbrechend als die übrigen Schichten und daher auch an dem fertigen Zustande nicht leicht zu übersehen, stehen mit einander in ununterbrochener Verbindung und erweisen sich somit als gleichzeitig entstanden.

2. Nirgends werden die Schichten der Zellhülle in ihrer Gesammtheit und bis zur Grenze der primären Hüllschicht von einer ausgewachsenen Zellstofffaser in ihrer ganzen Mächtigkeit durchsetzt.

3. Die einzelnen Verdickungsschichten, welche innerhalb der primären Zellhülle auftreten, biegen in der Nähe des Kernfadens der Zellstofffasern um und setzen sich ohne Unterbrechung in die den letzteren angehörigen Schichten fort, indem sie sich in mehr oder minder hohen und nicht bei allen Schichten gleichem Maasse auskeilen. Jede einzelne von der Zellhülle ausgehende Schichte umfasst den Kernfaden der Faser wie die nächst älteren Schichten derselben trichterartig. Das mikroskopische Bild ist hier ein solches, dass, wollte man die Schichten bis zu den Umbiegungsstellen einerseits zu der Zellhülle, andrerseits zu den Zellstofffasern rechnen, man allerdings sagen könnte, letztere, spitzten sich von ihrer Eintrittsstelle in die Zellhülle an, nach Aussen hin zu.

Dass dieses Structurverhältniss trichterartiger Einschachtelung mit nach allen Seiten hin ausstrahlenden Umbiegungen in die Zellhüllschichten in sich die Ursache trägt, dass bei dickeren Schnitten dasselbe nicht ganz klar zu Tage tritt, braucht wohl kaum besonders erwähnt zu werden. Es bedarf hier eben neben recht feinen Durchschnitten des sorgfältigsten Gebrauchs der feinen Einstellung und der vollsten Unbefangenheit, um den wahren Sachverhalt heraus zu finden. Daher mag es denn auch kommen, dass die Zeichnungen des sonst so exact beobachtenden Schacht so beträchtlich von der Natur abweichen und dass die bildlichen Darstellungen von Nägeli und Hofmeister so ganz widerspruchslos von der jüngeren Generation der Pflanzenhistologen hingenommen wurden.

Schnitte, welche die Zellstofffasern nicht mitten treffen, sondern nach einer Seite des Schnittes hin nur einen Theil davon abheben, während der andere Theil nicht oder fast nicht getroffen wird, können das Bild ebenfalls trüben, geben aber auf der anderen Seite wieder recht instructive Präparate (Figg. 7—9).

Besonders instructive Präparate gewähren solche Schnitte, welche die Zellstofffasern einer- oder beiderseits noch etwas weiter ausserhalb der Mitte treffen (Figg. 10 und 11) oder bei denen dieselben schief durchschnitten wurden und wo — wie dies in manchen Fällen vorkommt — die Schichten durch den Schnitt mehr oder minder auseinander gezogen werden (Figg. 12 und 13).

In beiden Fällen tritt namentlich die trichterförmige Ineinanderschachtelung der Schichten deutlich hervor und lässt gar keinen Zweifel an dem wahren Sachverhalte aufkommen.

Quellungsmittel, namentlich Kalilauge wirken sehr energisch auf die Schichten und liefern nur in den ersten Stadien gute Bilder. Aber auch derart behandelte, sonst genügende Schnitte können nur dazu dienen das oben dargestellte zu bestätigen (Figg. 14 und 15).

Bliebe aber nach all dem Beobachteten noch ein Zweifel über das Umbiegen und Ueber-

gehen der Schichten der Zellhülle in jene der Zellstofffasern, so ist die Beobachtung in polarisirtem Lichte, wenn dieselbe an recht gelungenen, feinen, die Zellstofffasern in der Mitte treffenden Schnitten ausgeführt wird, im Stande denselben vollständig zu beseitigen.

Schaltet man zwischen den gekreuzten Nicol's, also bei verdunkeltem Gesichtsfelde den Querschnitt so ein, dass die Schichten der Zellhülle wie der Fasern je den Schwingungsebenen parallel verlaufen, so erscheinen die sämmtlichen in diesen Richtungen gelegenen Theile der Schichten von Hülle und Fasern dunkel. Dagegen treten die Umbiegungs- resp. Einmündungsstellen von Zellhülle in Faserschichten, welche eine mehr oder minder genau um 45^{0} gegen die Schwingungsebenen geneigte Lage haben, in intensivem Glanze hervor (Fig. 23).

Umgekehrt gestalten sich die Lichtverhältnisse, wenn man den Querschnitt so einschaltet, dass die Zellhülle wie die Zellstofffaser um 45^{0} gegen die Schwingungsebenen geneigt erscheinen. Die in dieser Richtung mehr oder minder genau dahin gehenden Schichten in Hülle und Fasern erscheinen hell aufleuchtend, die Umbiegungsstellen, welche dabei annähernd den Richtungen der Schwingungsebenen gleichlaufen, erscheinen dunkel (Fig. 22).

Besonders charakteristisch ist die Form der leuchtenden oder dunkeln Partieen an den Umbiegungsstellen, indem sich dieselbe genau der Grösse der betreffenden Bogentheile anschmiegt, die natürlich um so kleiner werden, je näher die Umbiegungsstellen der primären Zellhülle und dem Kernfaden der Zellstofffasern anliegen.

Dass ein derartiges Verhalten der Schichten in polarisirtem Lichte, wobei das Bild der sich von dem Eintritte in die Zellhülle an nach Aussen allmälig zuspitzenden Zellstofffasern entschieden deutlich hervortritt, mit den Nägeli-Hofmeister'schen Darstellungen nicht vereinbar sein würde, leuchtet sofort ein.

Wenden wir uns jetzt, nachdem dargethan ist, dass in den fertigen Zuständen der Caulerpazelle das Verhältniss in dem Schichtenverlaufe zwischen Zellhülle und Zellstofffasern gerade so erscheint, wie es gemäss der von Nägeli aufgestellten Theorie der Schichtenbildung nicht erscheinen dürfte, zu der Entwicklungsgeschichte, so lässt sich an dieser, soweit es bei dem mir zu Gebote stehenden Materiale zu entscheiden möglich ist, Folgendes beobachten:

In der Nähe der Spitze der feinsten Wurzelfasern (wenn man mir diesen Ausdruck gestatten will) erscheint die erste Anlage der Zellstofffäden. Es bilden dieselben dort meist quer durch das Zelleninnere verlaufende, nach den Ansatzpunkten hin sich wenig und allmälig verdickende Fäden, welche mit der von einer nicht sehr stark entwickelten Extracellularsubstanz überlagerten primären Zellstoffhülle in vollständiger Verbindung stehen, mit ihr ein untrennbares

Ganzes bilden und so das Bild wiederholen, welches Kernfaden und primäre Zellhülle in den fertigen Zuständen gewähren (Fig. 16 A). Die Zellstofffäden, anfangs noch sehr zart aber doppelt contourirt verdicken sich in der Folge noch etwas durch Intussusception und zwar bei verschiedenen Arten in verschiedenem Maasse, bei *Caulerpa prolifera* z. B. manchmal ziemlich stark. Dass dieselben zugleich mit der primären Zellhülle aus dem Protoplasma entstanden sind, nicht später erst entstehen und dann an die letzteren festwachsen, glaube ich mit ziemlicher Sicherheit annehmen zu dürfen. Auf der Flächenansicht erscheinen die Kernfäden als helle homogene Kreise von einem, der oberen Fädendicke entsprechenden Umfange (Fig. 16 B).

Bei schrittweisem Verfolge je älterer Wurzelstücke treten dann zunächst nur eine und im weiteren Fortschreiten der Entwicklung zwei und mehr Schichten auf (Figg. 17—20), welche in Bezug auf ihren Verlauf innerhalb Zellhülle und Zellfaser ganz das gleiche Verhältniss erkennen lassen, wie es oben von den vollständig ausgebildeten Zuständen geschildert wurde. Nirgends findet man bei hinreichend genauer Beobachtung Entwicklungszustände, welche den Schluss gestatteten, als habe sich der Kernfaden der Zellstofffasern selbstständig und unabhängig von der Zellhülle verdickt.

Auf der Flächenansicht erscheinen jetzt die einfachen, homogenen, stärker lichtbrechende Kreise von der entsprechenden Anzahl concentrischer Schichtenkreise umgeben, deren Umfänge je nach höherer oder tieferer Einstellung mehr oder minder deutlich erscheinen (Figg. 18 B, 20 B und 21). Es bilden dieselben eben die optischen Durchschnitte der höher oder tiefer gelegenen Stellen, an denen der Uebergang resp. die Umbiegung von den Faserschichten aus in die Zellhüllschichten stattfindet. Flächendurchschnitte verzweigter Zellstofffasern, wie eine solche in Fig. 14 dargestellt ist, zeigen dabei die bis zu einem gewissen Punkte der Entwicklung entstandenen Schichten von einem gemeinschaftlichen Schichtencomplexe umgeben (Fig. 21 C).

So zeigt uns denn auch die Entwicklungsgeschichte einerseits, dass der Schichtenverlauf, von dem ersten Auftreten der Verdickung an, der gleiche ist, wie er an vollständig ausgebildeten Zuständen beobachtet wird und dass eine unabhängige Verdickung von Zellhülle und Zellstofffasern nicht stattfindet, während sie andrerseits auch gar keine Anhaltspunkte dafür bietet, dass innerhalb einer ursprünglich homogenen, zu einer grösseren Dicke hervorwachsenden Zellhülle oder Zellstofffaser eine nachträgliche Scheidung in wasserärmere oder wasserreichere Lamellen stattfinde.

Darin freilich hat Nägeli Recht, dass bei der Zellhülle der Caulerpa-Arten, wie bei anderen geschichteten Zellhüllen jede einzelne Schichte aus einer äusseren, weniger dichten,

minder stark lichtbrechenden und einer auf jeder Entwicklungsstufe nach innen abschliessenden dichteren, stärker lichtbrechenden Lamelle besteht.

Wie dieses Structurverhältniss sich auch mit einer anderen Entwicklungsweise der Schichten, als der Nägeli'schen, vereinbaren lässt, das will ich heute noch nicht erörtern; ich muss diese Frage vielmehr späterer Entscheidung vorbehalten.

Für heute gilt es nur festzustellen, dass das eine der Beweismittel, welche Nägeli und Hofmeister als Stütze für die im Eingang skizzirte Theorie der Schichtenbildung angeführt haben, in den von ihnen gebrachten Darstellungen mit dem wirklichen Sachverhalte nicht in Einklang steht; also die Prüfung vor der Natur nicht besteht, dass im Gegentheil der Schichtenverlauf in Zellhülle und Zellstofffasern der Caulerpa-Arten für die periodische Neubildung innerhalb der primären Zellhülle sich anlagernder Zellhüllgenerationen spricht, von denen jede einzelne ihre volle Stärke mittelst Wachsthums durch Intussusception erreicht.

Darmstadt, im Februar 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Querschnitt durch die Zellhülle und zwei Zellstofffasern von *Caulerpa prolifera* mit die letzteren ziemlich nahe in der Mitte treffenden Schnittebenen. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 2. Desgleichen von *Caulerpa Lamourexii* mit einer Zellstofffaser. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 3. Desgleichen von *Caulerpa papillosa* mit einer, nahe der Eintrittstelle in die Zellhülle sich theilenden und einer von der unteren Seite des Schnittes her eintretenden Zellstofffaser. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 4. Desgleichen von *Caulerpa turbinata* mit einer — bei dieser Art an manchen Stellen auftretenden — dicken Zellstofffaser mit zwei in deren Mitte von unten her eintretenden dünneren Fasern. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 5. Querschnitt von *Caulerpa papillosa*. Die primäre Zellhülle ist von dem Kernfaden der Zellstofffaser abgerissen und einzelne Schichtencomplexe haben sich von einander getrennt, wobei das Umbiegen der Schichten von der Zellhülle aus in die Zellstofffaser sehr deutlich erkennbar wird. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 6. Desgleichen von *Caulerpa serrulata*, mit eigenthümlich gedrehter Zellstofffaser und dadurch bedingtem Schichtenverlauf beim Uebergange aus Zellhülle in Zellstofffaser. Vergrösserung = 1:520.

Fig. 7. Querschnitt durch ein altes Stammstück von *Caulerpa prolifera* mit schief durchschnittener, im unteren Theile über der Mitte getroffener Faser. An letzterer Stelle sind deshalb die nach oben schirmartig umbiegenden Fasern durchschnitten und zwar in ziemlicher Dicke, weiter nach oben gehen die so durchschnittenen Fasern allmälig in das Bild über, wie es den vorhergehenden Figuren entspricht. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 8. Desgleichen. Hier ist oben die Faser in ihrem ganzen Verlaufe von dem Schnitte getroffen und der dem Beobachter zugewandte Theil durch denselben abgehoben, während nach der anderen Seite die Faser nicht oder fast nicht getroffen wurde. Die Schichten sind daher da, wo sie nach oben umbiegen, durchschnitten, während sie nach der unteren Seite in ihrem ganzen Verlaufe erscheinen und nach dem Zellstofffaden hin einbiegen. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 9. Querschnitt von *Caulerpa Lamourexii*. Die Zellstofffaser ist nach der dem Beobachter zugewandten Seite des Schnittes schief gerichtet und daher etwas oberhalb der Hälfte ihres Verlaufes in der Zellhülle im Kernfaden durchschnitten, während die übrigen Schichten theilweise an der Umbiegungsstelle getroffen wurden und durch den Zug des Messers auseinander gezogen sind. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 10. Querschnitt von *Caulerpa perpusilla*. Die schief verlaufende Faser ist in verschiedener Entfernung von dem Kernfaden getroffen und sind daher die Schichten theilweise so durchschnitten, dass sie die trichterartige Ineinanderschachtelung deutlich erkennen lassen. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 11. Ein ähnliches Präparat von *Caulerpa clavifera*. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 12. Querschnitt von *Caulerpa perpusilla* mit einer schief durchschnittenen, verzweigten Zellstofffaser und auseinander gezogenen Schichten des mittleren Theiles. Die Faser hatte hier offenbar einen etwas gekrümmten Verlauf innerhalb der Zellhülle, so dass sie bei der Eintrittsstelle durch die obere Schnittfläche unter einem kleinen Winkel zur Krümmung, nach Aussen hin von beiden Schnittflächen parallel zum Kernfaden getroffen in dem mittleren Verlaufe aber in ihrer inneren Partie völlig durchschnitten wurde. Vergrösserung = 1:360.

Figg. 13. Ein ähnlicher Schnitt aus einem Wurzelfaden von *Caulerpa clavifera*. Vergrösserung = 1:600.

Figg. 14 und 15. Zwei mit Kalilauge behandelte Querschnitte von *Caulerpa perpusilla*. Bei 15 ist der obere Theil der Zellhülle und der Zellstofffaser durch den Schnitt weggenommen. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 16 A. Querschnitt einer der feinsten Wurzelfasern von *Caulerpa prolifera.* B. Flächenansicht der Vereinigungsstellen der Zellstofffasern mit der primären Zellhülle. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 17. Desgleichen mit Kalilauge behandelt, wodurch die erste nun entwickelte Verdickungsschicht deutlicher hervortritt. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 18 A. Querschnitt durch eine etwas ältere Wurzelfaser von *Caulerpa prolifera* mit zwei Verdickungsschichten. B. Flächenansicht einer Zellstofffaser an der Einmündungsstelle, von der unteren Seite des Flächenschnittes betrachtet. Vergrösserung = 1:600.

Fig. 19. Querschnitt durch eine noch etwas ältere und stärkere Faser von derselben Art.

Fig. 20 A. Querschnitt eines dünnen Zweiges von *Caulerpa turbinata.* B. Flächenansicht der Zellstofffaser nahe der Einmündungsstelle in die Zellhülle, von der unteren Seite betrachtet. Vergrösserung = 1:360.

Fig. 21 A—C. Querschnitte ausgebildeter Zellstofffasern von *Caulerpa prolifera* wie in der vorigen Figur. In B ist eine stärkere Scheidung zweier Schichtencomplexe ersichtlich. C ist der Durchschnitt einer verzweigten Faser (Figur III entsprechend) nahe an der Eintrittsstelle. Vergrösserung = 1:360.

Figg. 22 und 23. Dieselbe Stelle aus einem Querschnitte von *Caulerpa prolifera* in polarisirtem Lichte betrachtet. Bei Fig. 22 lagen die Schichten der Zellhülle und der Kernfaden der Zellstofffasern um 45° gegen die Schwingungsebenen der gekreuzten Nicol's geneigt; bei 23 verliefen dieselben in gleicher Richtung wie diese. Bei der letzten Figur sind die Begrenzungen der Zellhülle und der Zellstofffasern, ebenso die Lage der Zellhüllschichten durch schwächere Linien angedeutet und dürfen dieselben nicht als durch das polarisirte Licht hervorgebracht angesehen werden.

Fig. 24. Copie der Figur 53 von Hofmeister.

Fig. 25. Desgleichen der Figur 219 A, B und C von Nägeli.

II. Das Wachsthum der Zellhülle (Zellwand) und die Entwicklung der Verdickungsschichten.

Die Begründer der neueren vegetabilischen Gewebelehre, Meyen, v. Mohl, Unger, Schleiden u. A. nahmen bekanntlich ein Dickenwachsthum der Zellhülle (Zellmembran, Zellwand d. Aut.) vorzugsweise durch Apposition, d. h. durch Anlagernng sich nach innen folgender gleichartiger, homogener Schichten an. Die einzelnen Schichten betrachtete man dabei als durch leere Zwischenräume von einander getrennt, welche sich unter dem Mikroskope als dunkle, mehr oder minder breite Ringstreifen darstellten. Dem gegenüber wies Nägeli, wenn wir nicht irren, zuerst 1858 in den »Pflanzenphysiologischen Untersuchungen, Heft II, die Stärkekörner« nach, dass eine Anzahl von Wachsthums- resp. Verdickungserscheinungen sich aus dieser Annahme nicht erklären lasse und dass die Sichtbarkeit der Schichtung lediglich zum Ausdruck gelange durch den Wechsel von weichen, wasserreicheren und dichten, wasserärmeren Lamellen der Zellhülle, welche sich im Laufe der Entwickelung aus der fortdauernd wachsenden homogenen Zellstoffmasse differenzirten. Er erklärte in Folge dieser Beobachtungen das Wachsthum der Zellhülle (und zwar Längswachsthum sowohl, wie Verdickung) durch Einlagerung, Intussusception, für das wahrscheinlichere, ohne aber damals, da ihm ausgedehntere Beobachtungen über das Zellenwachsthum nicht zu Gebote standen, die Frage zum Abschluss gebracht haben zu wollen.

In den neueren Schriften von Nägeli, wie in denen von Hofmeister, Sachs u. A. wird dagegen die Entstehung der Verdickungsschichten, lediglich und allerwegen, als durch Einlagerung, Intussusception, und nachträgliche Differenzirung zu Stande gekommen, dargestellt. Selbst die primäre Zellhülle soll ihr Erscheinen diesem Vorgange verdanken und es wird die Anlagerung neuer Zellhülltheile, Apposition, vollständig von dem Verdickungsprozesse ausgeschlossen.

Schon in meinem Mikroskope Bd. 2, Seite 67. u. f., habe ich darauf hingedeutet, dass mir das Zustandekommen der verschiedenen Theile und Schichten verdickter Zellhüllen allein durch ununterbrochene Einlagerung und nachträgliche Differenzirung der homogenen Zellhülle in weiche und dichte Lamellen auf Grund meiner einschlägigen Beobachtungen als zweifelhaft erscheine. Dort schon habe ich an der Entwicklung der Verdickung von *Clematis*

vitalba nachzuweisen versucht, dass die secundäre Verdickung erst nach vollständiger Ausbildung der primären Zellhülle und zwar durch periodische Einschachtelung in sich differenter Schichten entstehe, ohne dass ich aber entscheiden wollte, wie dies letztere Verhältniss zu Stande komme. In der Folge gelangte ich mehr und mehr zu der Ueberzeugung, dass die Verdickung der Zellhüllen durch Verbindung der beiden Vorgänge: periodischer Neubildung secundärer Zellhüllgenerationen und weiterer Ausbildung dieser durch Einlagerung bewirkt werde, dass also bei dem Dickenwachsthum zwei Processe: ein der Apposition der älteren Autoren entsprechender und die Intussusception wesentlich betheiligt seien. In dieser Ueberzeugung wurde ich umsomehr bestärkt, als sich mir einer der Hauptbeweise für die Nägeli-Hofmeister'sche Wachsthumstheorie, wie in Nr. 1. dargethan, als nichtig erwiesen hatte.

Meine Beobachtungsresultate über die Verdickung zunächst an einigen für die Entwicklungsgeschichte besonders günstigen, theils nur eine mehr oder minder massig entwickelte, theils mehrere secundäre Zellhüllgenerationen aufweisenden Objecten darzulegen und die daraus abzuleitenden Schlüsse zu ziehen, ist der Zweck der nachfolgenden Zeilen.

Zum Ausgangspunkt für das Studium der Verdickungsvorgänge eignet sich am besten die Entwicklung der Verdickung bei den Holzfasern von *Pinus silvestris*, deren Zellhülle bekanntlich aus nur drei optisch unterscheidbaren Schichten: der äusseren »primären«, stark lichtbrechenden, der mittleren, sogen. »secundären«, minder lichtbrechenden und der inneren, sogen. »tertiären« wieder stärker lichtbrechenden Schicht, besteht. In diesem Objecte liegt nämlich zunächst ein Typus vor für die gleichen Entwicklungsvorgänge bei anderen Nadel- und bei vielen Laubhölzern; dann ist an demselben die Beobachtung am leichtesten und schärfsten zu führen, die einzelnen Momente der Entwicklung lassen sich am klarsten auseinanderhalten und es vollzieht sich endlich von ihm aus die Uebertragung der entwicklungsgeschichtlichen Einzelheiten auf die Entstehung der mehrfach geschichteten Zellhüllen möglichst ungezwungen.

Ein Querschnitt durch die Cambiumregion eines alten Stammes von *Pinus silvestris* zur Zeit der lebhaften Bildung des Frühlingsholzes zeigt, abgesehen von dem Verhalten der cambialen Tochterzellhüllen, welches in einem späteren Aufsatze erörtert werden wird und auch bei den vorliegenden Figuren nicht berücksichtigt worden ist, folgende Verhältnisse:

Das eigentliche, eine oder wenige erst getheilte Zellen umfassende Cambium nimmt eine verhältnissmässig nur schmale Zone ein (Fig. 26 *c*.). Die radialen Hüllstücke seiner Zellen, sind in der bekannten Weise durch eine meist ganz structurlose, bald in geringerer, bald in grösserer Masse vorhandene Zwischensubstanz (Fig. 26 *z*.) von einander getrennt und zeigen eine um nur weniges erheblichere Dicke, als die in der Peripherie verlaufenden. Zwischen den

zu Bast und Holz übergetretenen jungen Zellen vermindert sich, während dieselben in radialer Richtung sich strecken, die genannte Substanz mehr und mehr, um endlich ganz zu verschwinden und die benachbarten Zellhüllen sich vollständig berühren zu lassen. So erscheinen diese gleichsam zu einer, zwischen den benachbarten Zellhohlräumen verlaufenden, einzigen homogenen Scheidewand ausgebildet, in der man nur in einzelnen Fällen eine Trennungslinie wahrnehmen kann, welche das Entstehen aus zwei Zellhüllen ohne weiteres documentirt. Die Vergrösserung des radialen Zelldurchmessers schreitet nun noch eine Weile fort und die radialen Hüllstücke werden dabei an Dicke den peripherischen mehr und mehr gleich. Ich wenigstens konnte auf dieser Stufe an den mir vorliegenden Präparaten einen nennenswerth ins Gewicht fallenden Unterschied nicht feststellen. Die jungen Bast- und Holzzellen haben jetzt ohngefähr einen quadratischen Querschnitt und sind allseitig von anscheinend homogenen, einfachen, das Licht stark brechenden, namentlich in dem jungen Holze (mit Ausnahme des, in einer späteren Nummer näher zu besprechenden, mittleren dunklen Netzwerkes der Intercellularsubstanz) in dem Polarisationsmikroskope hell aufleuchtenden Hüllen umgeben. Sobald dieselben ihr normales Ausmaass erreicht haben, was im Baste viel früher als im Holze eintritt (Fig. 26 u. 28), wo es häufig erst in der 7. bis 8., oft sogar in noch weiter rückwärts vor dem noch in Theilung begriffenen Gewebe gelegenen Zellenreihen bemerkbar wird, beginnt die Verdickung innerhalb des Umfanges der vollständig individualisirten primären Zellhülle. Hier sieht man bei den jüngsten von den in den Verdickungsprocess eingegangenen Zellen des Holzes eine, zunächst in den Ecken am deutlichsten erkennbare, an anderen Stellen häufig, indessen nicht immer an der primären Zellhülle dicht anliegende, in einzelnen Fällen diese scheinbar verdickende Hüllschicht (Fig. 26—32 *si.*), welche sich in einzelnen Fällen beim Präpariren ganz oder theilweise loslösst (Fig. 30). Diese Schicht hat eine, der einfachen primiären Zellhülle etwa gleiche Dicke und besitzt ein Lichtbrechungsvermögen, welches dasjenige der letzteren im unverholzten Zustande nahezu, aber nicht ganz erreicht. Dies geht daraus hervor, dass sie bei ihrem Entstehen in polarisirtem Lichte kaum aufleuchtet, lässt sich aber auch aus der Ansicht etwas dickerer, immerhin aber für die Aufhellung des Structurverhältnisses noch hinlänglich dünner, Querschnitte erschliessen, in denen die primäre Zellhülle glänzend weiss mit einem Stich ins Gelbe erscheint, während diese Schicht einen mehr bläulichen Schimmer zeigt. In chemischer Beziehung scheint zwischen den beiden Zellhülltheilen ein wesentlicher Unterschied nicht zu bestehen; denn beide färben sich unter Chlorzinkjodlösung hell bläulich-violett (Fig 30) unter Jod und Schwefelsäure hellblau (Fig. 31). Schon auf diesem Entwicklungszustande befindet sich zwischen der primären Zellhülle und der neugebildeten innersten Schicht, welche

unzweifelhaft hier schon dem entspricht, was man als tertiäre Membran »Innenhaut« u. s. w. unterschieden hat, eine, wenn auch nur in höchst geringer Masse vorhandene, minder stark lichtbrechende, weichere Schicht ausgebildet. Diese wird namentlich nach der Anwendung von Aetzkalilösung (Fig. 27 u. 29) von Chlorzinkjodlösung (Fig. 30 u. 32) oder von Jod und Schwefelsäure (Fig. 31) leicht erkennbar. Vorzugsweise ist hier die Anwendung des erstgenannten Reagenzes (auch vor der Behandlung mittelst eines der anderen) von grossem Nutzen, indem es die mittlere Schicht sofort und überall, wo sie bereits vorhanden ist, durch Quellung derselben auf das entschiedenste hervortreten macht.

Verfolgt man jetzt die Zellenreihe weiter nach innen, so findet man überall und ohne Ausnahme die innerste Schicht von dem gleichen — natürlich je nach Individualität in geringem unwesentlichen Umfange schwankendem — Ausmaasse. Ihre optische Eigenschaft ändert sich dagegen insofern, als dieselbe nach und nach, d. h. in dem Maasse, als sie älter wird, stärker auf das polarisirte Licht wirkt. Der Grund für dieses Verhalten dürfte wohl darin zu suchen sein, dass sie mehr und mehr an Organisatitionswasser verliert. Die mittlere, weiche Schicht nimmt von aussen nach innen stetig an Dicke zu, bis sie das bei den Zellen des Frühlingsholzes gewöhnlich zu beobachtende Ausmaass erreicht hat.

In dem Baste läuft der geschilderte Verdickungsvorgang in gleicher Weise ab, nur dass die mittlere Schicht gleich von vornherein in bedeutender Breite auftritt und weit rascher zu ihrer endlichen Stärke heranwächst (Fig. 26 B).

Noch weit schärfer, als in dem inneren Theile des Jahresringes treten die geschilderten Entwicklungsvorgänge in dem mittleren Theile, wo der Uebergang des Frühlingsholzes in das Herbstholz stattfindet, namentlich aber in dem äusseren Theile, also bei der Herbstholzbildung, hervor (Fig. 28 u. 32). Hier kann man sich auf das allerentschiedenste davon überzeugen, dass die innerste (»tertiäre«) die **erste** Verdickungsschicht bildet, dass sie viel früher vorhanden ist, als dieselbe in den Figuren 3, Taf. VII und 1, Taf. VIII der Sanio'schen Arbeit (Prinsheimer Jahrbücher IX, Heft 1) über *Pinus silvestris* sichtbar gemacht wird. Das geschilderte Structurverhältniss finde ich hier, wie auch in dem Frühlingsholze, besonders auch nach Anwendung von Aetzkalilösung überall so scharf und deutlich ausgesprochen, dass es eigentlich Wunder nehmen muss, wie man dasselbe, wenn man anders gute, genau senkrecht zur Längsachse der Zelle geführte Querschnitte zur Hand hat, nicht erkennen kann, wie das, seinen wiederholten Behauptungen gemäss, bei Dr. Sanio der Fall ist. Auch das Anwachsen der mittleren, weichen Schicht wird hier so zu sagen greifbar. Dieselbe nimmt z. B. nach meinen, an acht auf einanderfolgenden Zellenreihen, in der Mitte der peripherischen Hüllstücken aus-

geführten Messungen, in folgenden Verhältnissen zu: 1. Zelle: unmessbar feine Linie, 2. Zelle 0,8 Mikr., 3. Zelle: 1,4 Mikr., 4. Zelle: 2,36 Mikr., 5. Zelle: 4,0 Mikr., 6. Zelle: 5,4 Mikr., 7. Zelle: 6,07 Mikr., 8. Zelle: 7,57 Mikr.

Bei der nun in dem Holze eintretenden chemischen Umbildung resp. der Verholzung der einzelnen Hüllschichten, halten diese verschiedenen Schritt. Durchgängig verfällt, wie das natürlich ist, die primäre Zellhülle zuerst diesem Vorgange, dessen Eintreten sich schon an dem optischen Verhalten frischer, d. h. nicht mittelst Reagenzien behandelter Schnitte durch das stärker werdende Lichtbrechungsvermögen erkennen, besonders aber durch die Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder von Jod und Schwefelsäure nachweisen lässt. Im Frühlingsholze zeigt sich die beginnende Verholzung etwa in der dritten bis vierten, hie und da auch in noch weiter nach innen gelegenen Zellen der in Verdickung begriffenen radialen Zellreihen (Fig. 29). In dem mittleren Theile der Jahresringe beginnt, nach meinen Erfahrungen, dieser Prozess in seltenern Fällen schon mit, meistens erst kurze Zeit nach der Anlage der secundären Zellhülle und dann immer in der nächstälteren oder zweiten Zelle derselben radialen Reihe (Fig. 30). Verschiedener noch gestaltet sich die Folge der Verholzung in dem Herbstholze. Während ich in einer Reihe aus diesem entnommener Präparate die Verholzung der primären Zellhülle mit Beginn, in einzelnen Fällen sogar erst nach Beginn der Verdickung eintreten sah, sah ich sie bei anderen, dann auch in den äussern Schichten rasch verholzenden, schon, wie auch Dr. Sanio angibt, an kurz vorher zu dem Holze übergetretenen jungen Zellen (Fig. 32). Der Umbildungsprocess verläuft dabei ganz in der von Dr. Sanio a. O. geschilderten Weise, in den Ecken beginnend und sich von da aus zunächst auf die radiale, dann auf die peripherischen Hüllstücke verbreitend. In Bezug auf die letzteren fand ich sogar, dass, wenn die beiden Hüllstücke der Nachbarzellen durch die aus dem Cambium herübergetretene Zwischenmasse noch getrennt waren — was hie und da vorkommt — dasjenige der älteren Zelle schon verholzt war, während jenes der jüngeren noch keine nachweisbare Umbildung erlitten hatte. Für das Studium der allmäligen Verholzung der mittleren weichen Schicht der secundären Zellhülle sind namentlich Querschnitte aus dem mittleren und äusseren Theile des Jahresringes recht geeignet. Selten nimmt man, wie dies bei sehr rasch verholzendem Herbstholze so schön zu beobachten ist (Fig. 32), und zwar in Folge des verschiedenen Lichtbrechungsvermögens den Fortschritt der Verholzung in den verschiedenen Theilen dieser Schicht schon an frischen Querschnitten wahr. Aber die Kaliwirkung lässt hier, wie in dem Frühlingsholze, sofort erkennen, dass die Verholzung etwa von der zweiten oder dritten der in Verdickung begriffenen Zellen an beginnt und bei weiterem Dickenwachsthum der betreffenden

Schicht ganz allmälig von den äusseren Theilen nach den inneren vorschreitet (Fig. 29). Bei der ziemlich starken Quellung, durch welche die innerste, stärker lichtbrechende Schicht zur Einfaltung gebracht wird, werden nämlich die an diese grenzenden Theile der mittleren Schicht stärker ergriffen und nehmen ein dunkleres Aussehen an, als die äusseren, welche in Folge der eingetretenen Verholzung eine geringere Menge der die Quellung hervorrufenden Flüssigkeit zwischen ihre Moleküle aufgenommen haben. Noch überzeugender werden die durch Aetzkalilösung erlangten Resultate, wenn man auf derart behandelte Präparate Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure wirken lässt (Fig. 30 u. 31). Bei Anwendung der ersteren färben sich die im Anfange der Verholzung begriffenen äusseren Hülltheile kaum merkbar hellviolett, während die inneren, gleichwie die in der Entstehung begriffene Schicht, röthlich violett werden. Später, d. h. bei älteren Zellen tritt in den äusseren Theilen eine röthlichgelbe Färbung ein (Fig. 30 unten), welche sich je nach dem Fortschreiten der Verholzung nach und nach über die ganze Mittelschicht ausbreitet.

Unter Jod und Schwefelsäure färben sich die in Verholzung begriffenen äusseren Theile zuerst, d. h. bei jüngeren Zellen blassblau bis weisslichblau, dann je nach dem Alter der peripherischen Zellenreihen fortschreitend grünlich, grünlichgelb und gelb, während die unverholzten Theile tief blau erscheinen (Fig. 31).

Die innerste Schicht der secundären Zellhülle widersteht der Verholzung am längsten. Erst dann, wenn das Wachsthum der mittleren Schicht vollendet und deren Verholzung nahezu durch deren ganze Masse fortgeschritten ist, beginnt sich jene, nach Behandlung mit den genannten Reagenzien, etwa in demselben Tone gelb zu färben, wie die primäre Zellhülle (Fig. 31).

Ich will hier noch auf ein Verhältniss aufmerksam machen, welches namentlich nach dem Beginn der Verholzung oft sehr scharf hervortritt. In einzelnen Theilen des Holzgewebes sieht man, oft bei allen, oft bei einzelnen Zellen, die mittlere Schicht der secundären Zellhülle, entweder vorzugsweise in den Ecken, wo sie sich abgerundet hat, oder auch in dem ganzen Umfange deutlich von der primären Zellhülle getrennt, während ihr Zusammenhang mit der innersten Schicht durchaus unberührt bleibt (Fig. 28, 30 u. 32). Es mag in diesem Verhalten im Zusammenhalte mit der Entstehungsweise ein neuer Beweis dafür gefunden werden, dass die secundäre Zellhülle nicht einen differenzirten, sondern einen neu gebildeten, in sich individualisirten Theil der Gesammtzellhülle bildet.

An die Entwicklung der secundären Verdickung von *Pinus silvestris* schliesst sich unmittelbar diejenige von schwach verdickten Parenchymzellen an, welche nur **eine** secundäre Zell-

hüllgeneration bilden. Bei dem Blüthenschafte der Irisarten z. B. beobachtet man in ganz jungem Zustande in dem Grundparenchym nur unverdickte, von der primären Zellhülle umkleidete Zellen (Fig. 33). In älteren Blüthenschaften dagegen besteht das gesammte Grundparenchym aus Zellen mit einer secundären Zellhülle, deren weiche, wasserreiche Schicht zwar nur eine sehr geringe Breite besitzt, dennoch aber mit Sicherheit erkannt werden kann (Fig. 34). Nach Einwirkung von Aetzkalilösung quillt diese Schicht bedeutend (Fig. 35) und es wird auf diese Weise der Bau der Gesammthülle auf das Klarste zur Anschauung gebracht. Aehnlich verhalten sich die Parenchymzellen in den Blattstielen der Cycaden und in dem Marke mancher Laubhölzer. Ein schönes Beispiel liefern z. B. die Markzellen des Gummi-Guttistrauches, *Xantochymus tinctorius* (Roxb). In ganz jungen Stengeltrieben sind dieselben nur von der primären Zellhülle umschlossen (Fig. 36), während in älteren und ganz alten Internodien innerhalb dieser durchgängig (sehr selten finden Ausnahmen statt) noch eine secundäre Zellhüllgeneration auftritt (Fig. 37). Diese besitzt hier anfänglich eine nur geringe Breite, wächst aber zu einer etwas grösseren Breite heran, so dass sie einen messbaren dunklen Ringstreifen bildet.

Einwirkung von Aetzkalilösung bringt auch hier die fragliche Schicht zu ansehnlicher Quellung, während primäre Hülle und innerste secundäre Schicht ihr Dickenausmaass, nicht oder wenigstens doch nicht in messbarem Umfange, ändern (Fig. 38).

Für den Verfolg der Entwicklungsgeschichte der secundären Verdickung mehrfach geschichteter Zellhüllen bieten namentlich die holzigen Clematisarten in ihrem Markgewebe und den primären Bastfaserbündeln ein sehr günstiges Material, da sich — soweit meine augenblickliche Erfahrung reicht — an ihnen, wie bei keinem anderen Objecte, die einzelnen aufeinanderfolgenden Vorgänge auseinanderlegen.

In dem Marke des Stengels von *Clematis vitalba* lassen sich an recht gelungenen Querschnitten — und hier sind eben nur die zartesten Stellen feiner und senkrecht zur Längsachse geführter Schnitte für den Sachverhalt völlig entscheidend — folgende Thatsachen der Entwicklungsgeschichte feststellen.

So lange die Stengelglieder noch im Längenwachsthum, sonach in der Streckung der Zellen begriffen sind, findet man auf Querschnitten durch das Markgewebe, dessen Zellen nur von der primären Zellhülle umgeben (Fig. 39). In jüngeren Stengelgliedern lässt dieselbe noch reine Zellstoffreaction beobachten, während sie sich in älteren, in denen das Längenwachsthum eben vollendet wurde und welche dem Beginne der Verdickung nahe stehen, als schon verholzt zu erkennen gibt. Greift man nun mit den Querschnitten um ein Stengelglied tiefer, gleichviel, ob dieselben an dem oberen oder unteren Ende entnommen werden, so giebt sich die beginnende

Verdickung darin kund, dass auf durchschnittenen Querscheidewänden zwar flache, aber doch leicht erkennbare runde bis länglichrunde Poren auftreten und sich innerhalb der primären Zellhülle eine weitere Hüllschicht gebildet hat, welche von ihr durch eine äusserst zarte, oft kaum erkennbare dunkle Linie getrennt erscheint und mit ihr etwa gleiches Lichtbrechungsvermögen theilt (Fig. 40). In diesem jüngsten Zustande lässt sich von vornherein nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die mittlere Schicht schon vorhanden ist. Wendet man aber Aetzkalilösung an, so beweist dieses durch ein jetzt schon an deren Stelle eintretendes, wenn auch geringes Quellen deren Vorhandensein. An anderen Präparaten tritt die anfänglich unmessbar feine dunkle Trennungslinie in Gestalt eines minder lichtbrechenden Ringstreifens auf. Untersucht man nun eine grössere Anzahl von Querschnitten aus verschiedenen, aber derselben Entwicklungsperiode angehörigen Stengelgliedern, so gewahrt man, dass der weniger lichtbrechende Ringstreifen bald eine geringere, bald eine grössere, niemals aber diejenige der innersten stärker lichtbrechenden Schicht überschreitende Breite besitzt. Unter Einwirkung von Aetzkalilösung quillt der Ringstreifen, und zwar etwa in dem Verhältnisse, als er an frischen Schnitten schmäler oder breiter beobachtet wurde (Fig. 41). Er wird somit leicht als die weichere, wasserreichere secundäre Hüllschicht kenntlich, welche wie bei der Kiefer, wenn auch im Ganzen nur um weniges, in die Dicke gewachsen ist.

Damit erscheint die erste Entwicklungsperiode in der Verdickung der Zellhülle abgeschlossen und es ist die erste secundäre Zellhüllgeneration ausgebildet.

Bezüglich des chemischen Verhaltens zeigt die Anwendung von Chlorzinkjodlösung, dass sowohl die äussere weiche, wie die innere dichte Schicht der secundären Zellhülle rasch verholzen. Ueber die Folge der Verholzung in der mittleren Schicht gibt dieses Reagenz, obgleich dieselbe nach mehrtägiger Behandlung damit ziemlich stark und dauernd aufquillt, keine ganz genügende Aufschlüsse. Die Färbung erscheint hier nämlich an Querschnitten aus verschiedenen Stengelgliedern, während sich die primäre Zelle hellgelb, die innerste Schicht (»tertiäre Membran«), je nachdem sie noch nicht oder bereits verholzt ist, hellblauviolett oder hellgelb färbt, ziemlich gleichmässig schmutzig braun- bis rothviolett. Dagegen erhält man in dieser Richtung durch Anwendung concentrirter Schwefelsäure gute Aufschlüsse. Diese bewirkt nämlich in der weicheren Schicht, vor deren Lösung ein äusserst starkes, die inneren Theile mehr, als die äusseren ergreifendes Quellen. Lässt man dieses nun bis zu einem gewissen Punkte fortschreiten und senkt dann das Präparat rasch in eine grosse Menge destillirten Wassers, so zeigen sich Verhältnisse, wie sie in der Figur 42 dargestellt sind. Die äussere Schicht der secundären Zellhülle zieht sich nämlich unter gleichzeitiger scharfer Abgrenzung von der inneren

wieder auf einen etwas kleineren Raum zusammen und erscheint in ihren äusseren Theilen stärker lichtbrechend, als in ihren an die innere Schicht angrenzenden. Färbung derartig behandelten Schnitt mit Jodjodkaliumlösung, oder hinreichende Durchtränkung frischer Schnitte mit diesem Reagenz und darauf folgende Anwendung wenig verdünnter Schwefelsäure lässt, wenn man die Concentration der Säure richtig getroffen hat, die primäre Zellhülle hochgelb, die äusseren Theile der weichen Schicht grünlich, die inneren sattblau, die innerste secundäre Schicht (sog. »tertiäre Membran«) hellblau gefärbt erscheinen. Ein Vergleich verschiedener Querschnitte gibt zu erkennen, dass bei vollständig abgelaufenem Verholzungsprocesse der beschriebene Unterschied in der Quellungsfähigkeit in den verschiedenen Theilen der mittleren weichen Schicht nicht mehr besteht. Diese färbt sich jetzt durch ihre ganze Masse gelbgrün, die innerste Schicht hellgelb.

Rückt man jetzt mit den Querschnitten um ein weiteres Stengelglied abwärts, so zeigt sich in den äusseren und mittleren Zonen des Markes (der innere, später der Auflösung anheimfallende Theil bleibt in der Regel auf der vorigen Entwicklungsstufe stehen) die Anlage der zweiten secundären Hüllgeneration. Die einzelnen Stufen dieser Entwicklungsperiode kann man leicht an Querschnitten von verschiedenen Stengelgliedern, oft aber auch auf demselben Querschnitte verfolgen. Das Entstehen dieser zweiten Generation gibt sich in dem Auftreten einer schmalen, durch eine zarte dunkle Linie von der vorigen Generation getrennte, stärker lichtbrechende Schicht zu erkennen (Fig. 43 1). Oft ist hierbei die weiche, schwächer lichtbrechende Schicht so wenig entwickelt, dass die innersten Schichten der ersten und zweiten secundären Hüllgeneration, an etwas gröberen Schnitten und bei schwächerer Vergrösserung, scheinbar ein einziges Ganzes ausmachen und somit ein in die Breite wachsen, jener vorzuliegen scheint. Scharfe Objective zeigen aber immer die Trennung und es lässt sich diese namentlich auch dann leicht erkennen, wenn in Folge der Präparation die zweite secundäre Hülle von der ersten auf eine Strecke weit losgetrennt erscheint (Fig. 43 x). Aetzkalilösung bewirkt in der weicheren Schicht wiederum ein mehr oder minder starkes Quellen und lässt auf diese Weise die Trennung ganz unzweifelhaft erscheinen. Weiter fortgeschrittene Entwicklungszustände zeigen die weichere Schicht als minder lichtbrechenden Ringstreifen (Fig. 43 2) und die Anwendung von Aetzkalilösung liefert jetzt so instructive Bilder, wie das in der Figur 44 dargestellte.

Hinreichend dünnen Querschnitte mit Jodjodkaliumlösung durchtränkt und hierauf, wie oben geschildert, mit wenig verdünnter Schwefelsäure behandelt, zeigen die weichen Schichten der beiden secundären Zellhüllgenerationen stark gequollen und diejenige der jüngsten in gleicher Weise gefärbt, wie oben schon von jener der ersten angegeben wurde (Fig. 45). Während

also die erste Generation in allen ihren Bestandtheilen vollständig verholzt erscheint, schreitet die chemische Umbildung in der zweiten in der bekannten Weise fort.

In ganz gleicher Weise wie in dem Voranstehenden dargestellt, verläuft in je älteren Stengelgliedern die Entwicklung der dritten, vierten, fünften secundären Zellhüllgeneration (Fig. 46—48). Hier treten aber insofern Unregelmässigkeiten ein, als einmal in den inneren Theilen der mittleren Zone des Markes eine meist nicht grosse Zahl von Zellen in der Entwicklung stehen bleibt, zum anderen sich aber hie und da einmal eine Zelle findet, die eine Zellhüllgeneration mehr gebildet hat, als die übrigen. Von der sechsten Generation ab treten diese Erscheinungen häufiger auf, indem sich die Zellen oft ungleichmässig verdicken, so dass in älteren Stengelgliedern dann neben Zellen mit 8—10 Hüllgenerationen solche mit nur 4—6 auftreten.

Aehnlich wie in dem Marke geht auch die Verdickung in den Zellen der primären Bastfaserbündel vor sich. Indessen schreitet hier die Entwicklung, welche in demselben Stengelgliede beginnt, wie diejenige der Markzellen, nicht in der raschen Folge fort wie bei diesen, denn häufig findet man in Internodien, deren Markzellen schon 2 und 3 secundäre Zellhüllen gebildet haben, noch sämmtliche Bastfasern mit nur einer secundären Zellhülle. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass sich in den Zellen des primären Bastbündels die äussere weichere Schicht der secundären Zellhülle schon von vornherein in bedeutenderer Mächtigkeit entwickelt und später stärker verdickt, als in den Markzellen (Fig. 50). Ich habe die Entwicklung hier bis zur zweiten Generation der secundären Zellhüllen, die, weil sich schon frühzeitig die primären Korkplatten einschieben, wohl nur selten überschritten wird, verfolgt, und begnüge mich damit die betreffenden Entwicklungsfolgen u. s. w. in den Figuren 49—52 wiederzugeben.

Den eben betrachteten mehrschichtigen Verdickungsformen von Parenchym- und Bastzellen, schliessen sich auch manche Holzfasern an. Da aber in dem betreffenden Gewebe die Zellbildung in anderer Folge vor sich geht, als in dem Marke und dem primären Bastfaserbündel und demgemäss die Zellen von dem Cambium aus nach innen hin stetig an Alter zunehmen, so muss die Entwicklungsweise der Verdickung natürlich auch eine andere, der von *Pinus silvestris* in gewissem Sinne sich anschliessende, sein.

Bei *Clematis vitalba*, deren Holzfasern in älterem Holze in der Regel drei secundäre Hüllgenerationen zeigen, vollzieht sich die Entstehung dieser folgendermassen: Nach innen von dem Cambium treten auf dem Querschnitt in der Regel ein oder zwei, hie und da wohl auch mehr in radialer Dehnung begriffene, blos von der primären Zellhülle eingeschlossene, junge Holzzellen auf. Dann folgt die Anlagerung der ersten secundären Zellhülle in der Weise,

wie es bei *Pinus silvestris*, bei den Markzellen von *Clematis vitalba* u. s. w. fesgestellt wurde.

In den nächsten zwei bis drei, weiter nach innen gelegenen, pheripherischen Zellreihen erhält sich dieses Verhältniss bei gleichzeitig fortschreitendem, nur sehr geringem Dickenwachsthum der weichen Schicht (Fig. 53 *b*). Dann treten in den folgenden 2—4 Zellenreihen zwei und noch weiter nach innen drei deutlich sichtbare secundäre Zellhüllen auf, womit die Gesammtverdickung mit wenigen Ausnahmen vollendet erscheint (Fig. 53 *c* u. *d*).

Ein gleicher Entwicklungsgang lässt sich bei den Holzfasern von *Xantochymus tinctorius* erkennen, wobei auch die allmälige Verholzung in den weichen Schichten der secundären Zellhüllen, die hier in etwas grösserer Breite auftreten als bei *Clematis*, leicht zu verfolgen ist. (Fig. 54).

Suchen wir nun aus den an mehreren Zellformen dargelegten entwicklungs-geschichtlichen Thatsachen die Schlüsse zu ziehen, welche für das Wachsthum der Zellhülle und die Entstehung der Schichtung eine zutreffende Erklärung zu gewähren im Stande sind, so wird sich diese Aufgabe am leichtesten bei *Pinus* lösen lassen, da hier die Structur-Verhältnisse am einfachsten und klarsten zu Tage treten.

Wir beobachteten hier drei in ihrem Lichtbrechungsvermögen von einander unterschiedene Schichten der Gesammtzellhülle: eine äussere, stärker, eine mittlere, schwächer und endlich eine innerste wiederum stärker brechende. Dieses verschiedene Lichtbrechungsvermögen der drei bezeichneten Schichten ist, wie von Nägeli erkannt wurde, in dem verschiedenen Wassergehalte derselben begründet. Wir haben sonach in der ersten und der dritten je die wasserärmere oder dichtere, in der zweiten die wasserreichere, weichere Schicht zu erkennen. Es fragt sich nun ob die Entstehung dieser drei Schichten aus dem ununterbrochenen Wachsthum der erstentstandenen und einer in dieser sich nachträglich vollziehenden Spaltung in einen mittleren weicheren d. h. wasserreicheren und zwei diesen begrenzenden dichteren, d. h. wasserärmeren Streifen erklärt werden kann, oder ob eine andere Entstehungsweise aus der Entwicklungsgeschichte abgeleitet werden muss?

Wir fanden nun, dass die zuerst in den jungen Holz- und Bastzellen auftretende, homogene und stark lichtbrechende Hülle während ihrer in Folge des Zellenwachsthumes im ganzen Umfange erfolgenden Ausdehnung an Dicke um weniges zunimmt, oder sich doch mindestens gleich bleibt. In beiden Fällen muss sie ein Dickenwachsthum geäussert haben und wir dürfen unbedenklich schliessen, dass sich dieses durch Einlagerung neuer, ähnlicher Zellstoffmoleküle zwischen die bereits vorhandenen, also durch Intussuception vollzogen hat. Sie erreicht aber endlich ein Ausmaass,

welches im Laufe der weiteren Zellhüllentwicklung nicht mehr überschritten wird, wie dies durch Messungen sofort constatirt werden kann. Später treffen wir innerhalb derselben eine, anfänglich durch eine höchst zarte Linie, nur in den Ecken der Zellen durch etwas ausgedehntere, leichter sichtbare Zwischenräume von ihr getrennte, zarte, gleichfalls stark lichtbrechende Hüllschicht entstanden und erkennen zugleich, namentlich aus der Wirkung der Aetzkalilösung, dass der Zwischenraum zwischen den beiden Schichten nicht etwa leer, sondern jetzt schon mit einer weichen auf Zellstoff reagirenden Masse erfüllt ist. Wäre nun die innerste stärker lichtbrechende, also dichte Schicht durch Spaltung der ersten entsanden, so müsste diese erstlich im Laufe der Entwicklung einmal, eine der Breite der beiden Schichten wenigstens nahezu gleiche Breite erlangt haben und dann, müsste die innere dichte Schicht ein ihr gleiches optisches und chemisches Verhalten zeigen. Beides ist aber nicht der Fall. Auf keiner Entwicklungsstufe der zahlreichen Präparate, welche mir vorgelegen haben und von denen mir heute noch manche aufbewahrten zum Vergleiche zur Verfügung stehen, hat die primäre Zellhülle vor dem Auftreten der inneren secundären Schicht eine messbar grössere Breite erreicht, als sie in ausgebildeten Holzfasern besitzt. Die Innenschicht äussert ferner bei ihrem ersten Auftreten kaum einen sichtbaren Einfluss auf das polarisirte Licht, während die primäre Zellhülle schon zu dieser Zeit stark aufglänzt. Erst etwa in der dritten bis vierten Zellenreihe weiter nach innen beginnt jene sichtbar aufzuleuchten und es verstärkt sich dieses Verhalten nach und nach in dem Maasse, als man zu älteren Zellen übergeht. Chemisch ist das Verhalten zwar in dem Frühlingsholze und in dem mittleren Theile des Jahresringes, anfänglich dem der primären Zellhülle annähernd gleich, ändert sich aber mit dem Auftreten der Verholzung wesentlich. In dem äusseren Theile des Jahresringes tritt jedoch ein wesentlicher Unterschied ein, indem die primäre Zellhülle schon vollständig verholzt erscheint, ehe oder wenn die innere Schicht zur Entwicklung gelangt. Wir dürfen demgemäss annehmen, dass die erst beobachtete Hüllschicht vollständig ausgebildet und individualisirt ist, ehe die andere entsteht, dass dieselbe daher als gesonderter Theil der Gesammtzellhülle betrachtet werden muss, dem mit Recht die Bezeichnung primäre Zellhülle gebührt. Dafür spricht auch noch weiter der Umstand, dass die mittlere weiche Schicht da, wo sie an die erste angrenzt, sich leicht und oft schon während des Entwicklungsganges von selbst von dieser trennt, während sie mit der dritten Schicht in Zusammenhang bleibt. Diese mittlere weiche Schicht und die mit ihr in organischer Verbindung stehende innere Schicht haben wir zusammen als secundäre Zellhülle zu betrachten.

Die mittlere weiche, d. h. die äussere Schicht der secundären Zellhülle anfänglich in äusserst geringer Mächtigkeit vorhanden, nimmt, wie wir weiter oben gesehen haben, bis zu ihrer

Vollendung im Frühlingsholze allerdings nicht sehr erheblich, im Herbstholze aber in hohem Maasse an Dicke zu und das bezügliche Wachsthum kann ebenso wie deren Entstehung, da sie von dem lebendigen Zellenleib durch die innere dichte Schicht getrennt ist, nur in zweierlei Weise erklärt werden. Entweder es entsteht dieselbe nach Anlage der innersten Schicht durch Einschiebung von, durch die letztere hindurch gegangenen, wasserreicheren Zellstoffmoleküle zwischen die beiden stärker lichtbrechenden Schichten und es erfolgt deren Wachsthum durch fernere Einlagerung von gleichartigen Zellstoffmoleküle zwischen die bereits vorhandenen. Oder es spalten sich, da eine periodische wiederholte Spaltung durch die Beobachtung ausgeschlossen wird, von der innersten dichten Schicht ununterbrochen und in dem Maasse, als von dem Protoplosma aus wasserärmere Zellstoffmoleküle in sie eingelagert werden, nach Aussen hin wasserreichere Zellstoffmoleküle ab, welche Entstehen und Wachsen der mittleren weichen Schicht bedingen. In beiden Fällen aber haben wir die innere dichte Schicht als die zuerst entstandene, die weichere als die später gebildete zu betrachten.

Gegen die von mir angegebene Entstehungsfolge der beiden differenten Schichten der secundären Zellhülle hat Dr. Sanio einige Einwände erhoben (Flora 1874, Nr. 35 und 1875 Nr. 20). Der eine ist, da er eben nur constatirt, dass Sanio das in Wirklichkeit vorhandene Structurverhältniss bis jetzt noch nicht erkannt hat, also eine einfache Negation meiner durch Präparate hinlänglich zu beweisenden und von anderer Seite mehrfach controlirten Beobachtungen bildet, von keiner weiteren Bedeutung und brauche ich mich mit demselben nicht ferner zu befassen. Der andere gipfelt einestheils in der »niederschlagenden« Beobachtung von der spiraligen Streifung stark verdickter Holzzellen, anderntheils in dem endlichen Ausmaasse der sogenannten »tertiären Innenauskleidung«.

Was die spiralige Streifung angeht, auf welche ich demnächst in einer weiteren Nummer ausführlicher zu sprechen komme, so zeigt jeder gute Längsschnitt durch die stark verdickten Herbstholzzellen namentlich von der Fichte, aber auch von der Kiefer (auch bei sogenannten differenzirt verholzten Zellen), dass jene auf ungleichmässigem Wachsthum der mittleren weichen Schicht beruht, die innere dichte Schicht (tertiäre Membran) aber nirgends eine Verdickung erfährt, sondern in ihrem Verlaufe nur den Structurverhältnissen der ersteren folgt. Dass also die spiralige Streifung in früheren Entwicklungszuständen noch nicht zu beobachten ist, hat zunächst mit der Entstehungsweise der inneren Schicht gar nichts zu thun. Hätte Sanio hier richtig beobachtet, so hätte er gefunden, dass sein Reagenz zwar keinen Niederschlag erzeugen kann, dass es aber seiner weiteren Bemerkung theilweise die Spitze abbricht. Die Verkleinerung der Oberfläche der inneren Schicht der secundären Zellhülle ist so bedeutend nicht,

wie dies Sanio glauben machen möchte. Bekanntlich steht dieselbe (wenn wir der Einfachheit halber die »Innenauskleidung« als Hohlcylinder betrachten), da die Höhe als annähernd gleich angenommen werden darf, im Verhältnisse der Radien oder der Durchmesser. Nun finde ich dieses Verhältniss bei einer ziemlich gleichmässig sechsseitigen, stark verdickten Herbstholzzelle der Kiefer = 5:3, bei einer sehr stark verdickten Buchenholzzelle = 3:1. Die Oberfläche der inneren Schicht würde also in dem einen Falle $^3/_5$, in dem andern $^1/_3$ des ursprünglichen Inhaltes betragen. Das scheint allerdings so geradehin betrachtet eine ansehnliche Differenz. Nun wird die Innenschicht im Laufe der Entwicklung zum ersten, wie die Wirkung auf das polarisirte Licht zeigt, ziemlich dichter und zum anderen hat sie sich den Verdickungsformen anzuschmiegen; sie folgt dei der Fichte, Kiefer u. s. w. den spiraligen Streifen und erscheint dabei mehr oder minder tief gefaltet, sie zieht sich in die Porenkanäle hinein u. s. f. Das erste Verhalten bedingt nun ganz unzweifelhaft eine nach und nach erfolgende Verringerung des ursprünglichen Oberflächeninhaltes. Die innere Schicht wird dadurch geschickt gemacht, einen in Folge des Anwachsens der mittleren Schicht kleiner gewordenen Hohlraum auszukleiden. Das andere Verhältniss verlangt ein grösseres Oberflächenausmaass, als das ist, welches man einfach aus dem Durchmesser des Hohlraumes berechnet, d. h. die Oberfläche der inneren Schicht verkleinert sich bei spiralig gestreiften, bei porösen Zellen (und eine oder beide Verdickungsformen finden sich bei allen verdickten Zellen) nicht in dem Maasse, als man es einfach aus dem sich verkleinernden Durchmesser desselben erschliesst. Man ersieht hieraus, dass unter dem Einflusse der beiden erwähnten Umstände die Verkleinerung der Innenschicht keineswegs den oben mitgetheilten Verhältnisszahlen gemäss erfolgt und dass bei derselben das Maass der Möglichkeit nicht überschritten zu werden braucht.

Die gleiche Erklärung wie für die Entstehung der Verdickung von *Pinus silvestris* lässt sich auf diejenige der Grundparenchymzellen der Irisarten, der Markzellen von *Xantochymus* und anderer verdickter Parenchymzellen mit nur einer secundären Zellhülle anwenden und von ihnen aus ist dann der Uebergang zu den mehrfach geschichteten Markzellen von *Climatis vitalba* u. s. w. leicht und ungezwungen vollziehbar.

Die ganze von letzteren vorliegende Entwicklungsreihe lässt es als unzweifelhaft erscheinen, dass die einzelnen sich nach innen folgenden Doppelschichten nichts anderes sind, als nach der Individualisirung der primären Zellhülle entstandene secundäre Zellhüllgenerationen, von denen jede einzelne der bei *Pinus*, *Iris* etc. vorhandenen einzigen entspricht, und ganz in der Weise sich entwickelt hat, wie es für die genannten aus den Thatsachen erschlossen worden ist.

Der Vorgang, wie er bei *Pinus* stattfindet, wiederholt sich öfter. An die Stelle des ununterbrochen fortdauernden Wachsthums der einmal angelegten secundären Zellhülle durch Einlagerung, tritt hier eine Unterbrechung des nur kurze Zeit dauernden Dickenwachsthums der einzelnen Generation und es wird die weitere Verdickung der Gesammtzellhülle durch wiederholte Neubildung mit folgendem beschränktem Dickenwachsthum vollzogen.

Wir ersehen aus alledem, dass sowohl die ältere Appositionstheorie, als auch die neuere Intussusceptionstheorie einer Abänderung und Beschränkung bedürftig sind, und gelangen kurz zusammenfassend zu folgender Erklärung der Schichtung und des Wachsthums der Zellhülle:

1. Die primäre Zellhülle entsteht selbstständig und bildet sich zu einem organisch abgeschlossenen Theil der Gesammtzellhülle aus.

2. Die Verdickung erfolgt durch gleichfalls selbstständige Entwicklung, d. h. durch Neubildung secundärer Zellhüllgenerationen, welche aus einer äusseren weichen und einer inneren dichten Schicht bestehen und von denen jede einzelne durch Einlagerung zu ihrer endlichen Stärke heranwächst. Es sind bei derselben sonach zwei Vorgänge: Appostion (wenn man die Neubildung so nennen will) und Intussusception betheiligt.

3. Je nachdem diese Neubildung nur einmal stattfindet (*Pinus* u. s. w.) oder sich in periodischer Folge öfter wiederholt (*Clematis* u. s. w.) lassen sich in der Verdickungsmasse der betreffenden Zellen nur zwei durch ihr Lichtbrechungsvermögen unterschiedene Schichten, eine äussere weichere, die früher als »secundäre« Zellhülle bezeichnete, und eine innere, die sogenannte »tertiäre« Zellhülle, unterscheiden, oder es besteht dieselbe aus einer mehr oder minder grossen Anzahl von Doppelschichten, sie ist mehrschichtig.

Es erübrigt nun zum Schlusse noch die zur Zeit allgemein als durchschlagend anerkannten Einwürfe zu prüfen, welche von Hofmeister (die Lehre von der Pflanzenzelle Seite 192 u. f.) gegen die Appositionstheorie erhoben worden sind und die in gewissem Umfange auch der voranstehenden Darstellung entgegenstehen.

Die geschichteten Parenchymzellen von *Hoya carnosa*, welche übrigens für die Entscheidung der vorliegenden Fragen kein günstiges Object bilden, da ihre Flächen nahezu sphärisch sind und man es nicht in der Gewalt hat, wie das so durchaus nothwendig ist, gerade Durchschnitte der Zellen mit Ausschluss der Deckwände zu erhalten, habe ich sowohl in dem Marke, als in der Rinde junger Triebe untersucht. Ich fand da auch das eine von Hofmeister angegebene Verhalten bestätigt, dass neben Zellen mit mehrfach geschichteten, solche

mit einfacher, denjenigen der Holzzellen von *Pinus* ähnlich gebauten Hüllen vorkommen. An diesen Zellhüllen unterscheidet man aber immer drei Lagen, je eine äussere und innere sich in die Porencanäle hineinziehende (Fig. 55 *g*, *h*), stärker lichtbrechende, dichtere und eine mittlere, minder lichtbrechende, mithin weichere. Dieses Structurverhältniss zeigen Zellen mit verschiedener Dicke der Zellhülle in jüngeren, wie in älteren Stengelgliedern; und daraus scheint mir hervorzugehen, dass dasselbe, wo es einmal in einer Zelle vorhanden ist, auch ferner so verbleibt. Wollte man nun annehmen, es hätten sich aus diesen Zellen junger Stengelglieder später mehrfach geschichtete Zellen durch Spaltung der mittleren Schicht entwickelt, so müssten sich in diesem Falle in der wasserreichen Zellstoffmodification wasserärmere Schichten durch nachträgliche Differenzirung herausgebildet haben. Nun wird aber von Hofmeister in Uebereinstimmung mit Nägeli überall angenommen, dass sich aus den wasserärmeren Schichten durch Differenzirung wasserreiche Schichten ausspalten. Das vorliegende Object lässt sich also unter der gemachten Voraussetzung nicht wohl für die Nägeli'sche Theorie des Wachsthums verwerthen. Die andere Angabe, dass wo Schichten auftreten, sofort fünf und nicht weniger vorhanden seien, fand ich dagegen keineswegs bestätigt. An guten Quer- und Längsschnitten durch die betreffenden Zellen des Markes, die hier allerdings schwer zu erhalten sind, aber keineswegs durch »optische Querschnitte« der Zellen dicker Schnitte ersetzt werden können, finde ich Zellen mit nur einer, mit 2, 3 und 4 secundären Zellhüllgenerationen (Fig. 55 *a*—*f*), nach der Hofmeister'schen Auffassung also mit 3, 5, 7 und 9 Schichten. Diese markiren sich allerdings nicht so scharf, wie bei *Clematis*, allein sie sind doch zu erkennen und namentlich leicht durch die Quellung in Aetzkalilösung nachzuweisen. Ein ganz gleiches Verhalten zeigen auch andere geschichtete Parenchymzellen, wo dieselben in verschieden weit fortgeschrittenen Entwicklungszuständen der Verdickung dicht neben einander vorkommen. Nur dass hier in Folge eines grösseren Unterschiedes in dem Wassergehalte der beiden Schichten diese weit deutlicher hervortreten (Fig. 56 u. 57). Hier mag noch erwähnt werden, dass die dichte Schicht der jüngsten Zellhüllgeneration meist etwas breiter und stärker glänzend erscheint, als diejenigen der älteren. Dies ist aber offenbar eine in optischen Verhältnissen und nicht in der Structur begründete Erscheinung. Denn wenn die Schichten durch die Präparation von einander getrennt und aus einander gezerrt werden, so zeigt sich das gleiche Verhältniss bei jeder an grössere, freie Räume angrenzenden Schichtengruppe.

Was die Ausmaasse verschieden, stark verdickter derartiger Parenchymzellen betrifft, so fand ich für dieselben in der Mitte der Seitenwände und von der Mitte der sogenannten Mittel-

lamelle, d. h. der scheinbar, homogenen, gemeinschaftlichen primären Zellhülle aus gemessen, folgende Grössen:

1) *Hoya carnosa* Mark:

a.	mit 1	sec.	Hülle	1,66	Mikr.
b.	» 2	»	»	2,70	»
c.	» 3	»	»	3,50	»
d.	» 4	»	»	5,00	»
e.	» 5	»	»	6,20	»

2) *Urania guyanensis.* Grundparenchym des Stammes.

a.	mit 1	sec.	Hülle	1,90	Mikr.
b.	» 2	»	»	3,75	»
c.	» 3	»	»	5,40	»
d.	» 4	»	»	7,90	»
e.	» 8	»	»	16,6	»

3) *Lycopodium sp. mex.* verdickte Scheidezellen.

a.	mit 1	sec.	Hülle	1,85	Mikr.
b.	» 2	»	»	3,43	»
c.	» 3	»	»	4,70	»
d.	» 4	»	»	6,25	»
e.	» 5	»	»	7,55	»

An *Dasyclodos clavaeformis* konnte ich wegen Mangel an Material die Hofmeister'schen Angaben nicht controliren. Bei *Pinus Laricio* aber ist die Dicke der äussersten, stark lichtbrechenden Schicht, d. h. der primären Zellhülle bei den Oberhautzellen in höherem Alter noch ebenso gross, wie in jüngerem. Hätte Hofmeister hier die Entwicklung verfolgt, so würde er gefunden haben, dass sich die 5 oder 6 Doppelschichten, resp. secundäre Hüllgenerationen hier ebenso nach und nach einfinden, wie in anderen Fällen. Der Dickendurchmesser der primären Zellhülle (1,21 Mikr.) macht hier keine irgend bemerkenswerthe Ausnahme. Ausserdem lehrt die Beobachtung, dass die primäre Aussenwand der Oberhautzellen vielfach stärker ist, als die primäre Zellhülle innerer Gewebezellen.

Die Angabe bezüglich der Haarzellen von *Lavatera trimestris* konnte ich weder früher noch bei einer neuerlichst von mir selbst und von anderer Seite mittelst der Systeme *F* (ein vorzügliches neuestes Correctionssystem), wie 1 und 3 zum Eintauchen von Zeiss vorgenommenen Revision meiner Präparate bestätigen. Die stärksten Haare fand ich mit 13,5 Mikr. dicken Hüllen

und es erscheinen dieselben, wie dies in den durch die Gestaltung des Objectes bedingten optischen Verhältnissen (Brechung und Zurückwerfung) begründet ist, bis etwa zu $^2/_3$ nach dem Rande hin sehr deutlich, weiter nach aussen weniger deutlich geschichtet. Die Anzahl der Doppelschichten betrug hier 8 bis 9. Ebenso deutlich wie diese und in dem eben angedeuteten Verhältnisse fand ich aber auch Zellhüllen geschichtet, welche nur 5 bis 5,7 Mikr. maassen; und an Haarzellen mit einer Wandstärke von 3,57 Mikr. konnte ich ohne Mühe 2—3 Doppelschichten unterscheiden. An ganz jungen Haaren beobachtete ich bei einer Dicke der Zellhülle von 2,18 bis 3,60 Mikr. immer eine Doppelschicht innerhalb der primären Zellhülle und hatte dabei die mittlere weiche Schicht eine um so grössere Breite, je grösser das ganze Ausmaass war. Also auch bei den noch dünnen Zellhüllen sind bei diesem Objecte immerhin schon drei Schichten im Sinne Nägeli's und Hofmeister's, d. h. eine mittlere weiche und je eine äussere und innere dichtere Schicht vorhanden.

Ueber das auf Seite 194 besprochene Verhältniss bei *Cladophora glomerata* kann ich nicht urtheilen, da mir so starkwandige Exemplare nicht zur Hand waren. Bei *Cladophora fracta* aber fand ich Folgendes:

In der Endzelle eines dickwandigen Fadens, in dem sich diese eben getheilt hatte, sah ich den Intercellularraum von 4 Zellhüllgenerationen überspannt. Die Gesammtumhüllung zeigte somit 5 (homogene nicht differenzirte) Hüllen, und diese fand ich sowohl am Grunde, wie an den Spitzen deutlich ausgesprochen, (das Präparat hierzu ist bewahrt). Einen Ast, der eben aus einer fünffach eingeschachtelten Zelle hervorwuchs und etwa deren Länge erreicht hatte, also noch verhältnissmässig kurz war, zeigte an seinem Grunde, also bei seinem Austritt aus der Mutterzelle eine Wanddicke von 15,4 Mikr. (die grosse Dicke kommt hier von der Lockerung der Hüllen und zwar in Folge der Aufbewahrung), welche sich nach der Spitze hin rasch auf 5,8 Mikr. verjüngte, ohne dass aber auch nur eine Schicht weniger sichtbar geworden wäre. Ein anderer Ast, welcher aus einer dünnwandigen Zelle hervorwuchs, hatte sich einmal getheilt und seine Tochterzellen liessen in ihrem ganzen Umfange — also auch die Endzelle an ihrer Spitze — zwei Hüllgenerationen erkennen. Im übrigen fand ich die Zahl der Schichten, resp. der ineinandergeschachtelten Zellhüllen (und bei der Einschachtelungstheorie muss ich heute noch auf Grund vielfach beobachteter Thatsachen und trotz des Einspruchs von Strassburger stehen bleiben) immer im Verhältniss stehend zu den entsprechenden Theilungsvorgängen. Demgemäss findet bei *Cladophora fracta* und wohl ebenso bei *Cl. glomerata* überall keine Schichtenbildung im Sinne Hofmeisters statt. Was scheinbar als solche auftritt, ist nichts anderes, als die Summe einer Reihe von Zellhüllgenerationen, welche verschieden alten

Mutter- und Tochterzellen angehören und die Producte der aufeinanderfolgenden Theilungsvorgänge sind. Der Fall gehört also eigentlich gar nicht hierher und ich habe ihn nur deshalb nicht unbeobachtet lassen wollen, weil Hofmeister ein besonderes Gewicht darauf zu legen scheint.

Die Seite 195 stehende Angabe, dass die Schichten bei vielen verdickten Zellen ohne Ablenkung bis an die Porencanäle reichen, findet an feinen Schnitten (wie ich schon oben bei *Hoya carnosa* vorübergehend erwähnt habe) keine Bestätigung. Im Gegentheil zieht sich die innere dichte Schicht jeder Zellhüllgeneration überall in die Porencanäle hinein und schliesst sich an jene der vorhergehenden an (Fig. 55 *g* u. *h* u. 57). Uebrigens kann das eine wie das andere Verhalten, welches in einer späteren Nummer näher besprochen werden soll, weder etwas für noch gegen die eine oder die andere Theorie beweisen.

Darmstadt, im August 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Bemerkung. Es bezeichnet in allen Figuren:
- B. Bast.
- C. Cambiumregion.
- H. Holz.
- pr. primäre Zellhülle.
- sa. äussere Schicht der secundären Zellhülle,
- si. innere Schicht der secundären Zellhülle (»tertiäre Membran«),
- z. Zwischensubstanz zwischen den radialen Hüllstücken der cambialen, jungen Bast- und Holzzellen,
- p. Pore.
- i. Intercellularraum.

Sämmtliche Figuren sind 500 Mal vergrössert.

Pinus silvestris.

Fig. 26. Querschnitt durch das Cambium, den jungen Bast und das junge Holz eines alten Stammes zur Zeit der Entwicklung des Frühlingsholzes.

Fig. 27. Aehnliches Präparat (ohne Bastzellen) nach der Behandlung mit Aetzkalilösung (links) und dann mit Chlorzinkjodlösung (rechts).

Fig. 28. Querschnitt durch Cambium, Holz und Bast eines alten Stammes in der Periode genommen, in welcher der Uebergang des Frühlingsholzes in das Herbstholz begonnen hat. Die weiche Schicht der secundären Zellhülle hat sich bei einer Anzahl von Zellen von der primären Zellhülle getrennt bei *xx*.

Fig. 29. Gleiches Präparat nach der Behandlung mit Aetzkalilösung. M. M. Markstral.

Fig. 30. Mit Chlorzinkjodlösung behandelter Querschnitt nach mehrtägigem Liegen in derselben gezeichnet.

Fig. 31. Mit Jodjodkaliumlösung und verdünnter Schwefelsäure behandelter Querschnitt, kurze Zeit nach dem Einliegen gezeichnet.

Fig. 32. Querschnitt durch das in der Entwicklung begriffene Herbstholz eines alten Stammes. Die Verholzung beginnt sehr früh und schreitet rasch fort. Links die Reaction von Chlorzinkjodlösung nach etwa 24stündiger Einwirkung.

Bemerkung. Bei sämmtlichen Figuren, wo sie vorkommt, ist die Lostrennung der weicheren secundären Hüllschicht von der primären Zellhülle durch dunklere Schattirung angedeutet.

Iris spec.

Fig. 33. Querschnitt aus dem Grundgewebe eines noch jungen Blüthenschaftes. Die Zellen sind blos von der primären Zellhülle umkleidet und die Querwände zeigen keine Poren.

Fig. 34. Querschnittpartie aus einem Blüthenschaft während des Blühens. Innerhalb der primären Zellhülle hat sich eine secundäre Zellhülle entwickelt. Bei *a* eine Querscheidewand mit flachen Poren.

Fig. 35. Ein ähnliches Präparat nach der Einwirkung von Aetzkalilösung.

Xantochymus tinctorius.

Fig. 36—38. Den drei vorhergehenden entsprechende Querschnitte aus dem Mark und zwar 36 eines jungen, 37 und 38 eines alten Stengelgliedes.

Clematis vitalba.

Fig. 39. Querschnitt durch das Mark eines Stengelgliedes, welches eben sein Längenwachsthum vollendet hat. Es ist blos die primäre Zellhülle ausgebildet.

Fig. 40. Aehnliches Präparat aus dem nächstfolgenden Internodium mit vollständig ausgebildeter secundärer Zellhülle. Bei *aa* Querscheidewand mit flachen Poren.

Fig. 41. Ein Querschnitt nach mehrtägigem Liegen in Aetzkalilösung ausgewaschen und in Glycerin aufbewahrt.

Fig. 42. Gleiches Präparat nach dem Quellen in concentrirter Schwefelsäure rasch in destillirtes Wasser gesenkt. Im unteren Theile der Figur die nach Durchtränkung mit Jodjodkaliumlösung auftretende Färbung der primären und secundären Zellhülle.

Fig. 43—45. Den Fig. 40—42 entsprechende Querschnitte aus einem nächst älteren Stengelgliede mit 2 secundären Hüllgenerationen; bei *a* Fig. 43 die jüngste Generation von den übrigen getrennt. Die Partien A u. B Fig. 45 entsprechen je dem oberen und unteren Theile der Fig. 42.

Fig. 46—48. Querschnitte durch das Mark einander folgender je älterer Stengelglieder, mit je 3, 4 und 5 secundären Zellhüllgenerationen.

Fig. 49. Querschnitt durch das junge primäre Bastfaserbündel mit noch unverdickten primären Zellhüllen.

Fig. 50. Desgleichen aus einem Stengelgliede, in welchem die erste secundäre Zellhülle des Markes entwickelt war.

Fig. 51. Ein solches Präparat nach der Behandlung mit Aetzkalilösung.

Fig. 52. Querschnitt durch denselben Gewebetheil aus einem Stengelglied, in welchem sich eben die primären Korkplatten einzuschieben beginnen.

Fig. 53. Querschnitt durch das junge Holz eines ziemlich alten Stengelgliedes. Bei *a* unverdickte Holzfasern. Bei *b* solche mit 1, bei *c* mit 2, bei *d* mit 3 secundären Zellhüllen.

Fig. 54. Querschnitt durch das junge Holz von *Xantochymus tinctorius.* *a*, *b*, *c* wie in voriger Figur. An einzelnen Fasern ist die Verholzung noch im Gange, bei andern schon vollendet. Bei ersteren ist die weichere Schicht der resp. secundären Zellhüllgeneration daher ungleichmässig lichtbrechend. In den mittleren der jüngst-verdickten Fasern hat sich die secundäre Zellhülle theilweise von der primären getrennt.

Fig. 55. Querschnitt durch eine Gruppe der sog. Steinzellen in dem Marke von *Hoya carnosa*, *a—e* bezeichnen die Folgezustände der Verdickung mit entsprechender Zahl secundärer Zellhüllen, *f* ist eine schon sehr stark verdickte Zelle. Bei *g* und *h* zwei verschieden stark verdickte Zellen ohne mehrfache Schichtung mit blos einer secundären Zellhülle. Die Porencanäle sind ausser bei *g* und *h* angedeutet, aber nicht ihrer wirklichen Structur gemäss ausgeführt.

Fig. 56. Durch Salpetersäure und chlorsaures Kali isolirte Zellen eines feinen Querschnittes durch das Grundgewebe des Schaftes von *Urania guganensis*, *a—e* wie oben. Die weichen Schichten der secundären Zellhüllgenerationen sind in Folge der Mazeration etwas gequollen. Porencanäle wie in Fig. 55.

Fig. 57. Querschnitt durch die aus stark verdickten gestreckten, faserähnlichen Zellen bestehende Scheide von *Lycopodium spec. mex.* Die Buchstaben *a—g* bezeichnen die Entwicklungsfolge bezüglich der Anzahl secundärer Zellhüllen. Bei B einige Zellen einer Blattspur. Die Porencanäle sind hier ihrer wirklichen Structur entsprechend ausgeführt.

Taf I.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

n. d. Natur gez. v. Prof. Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.



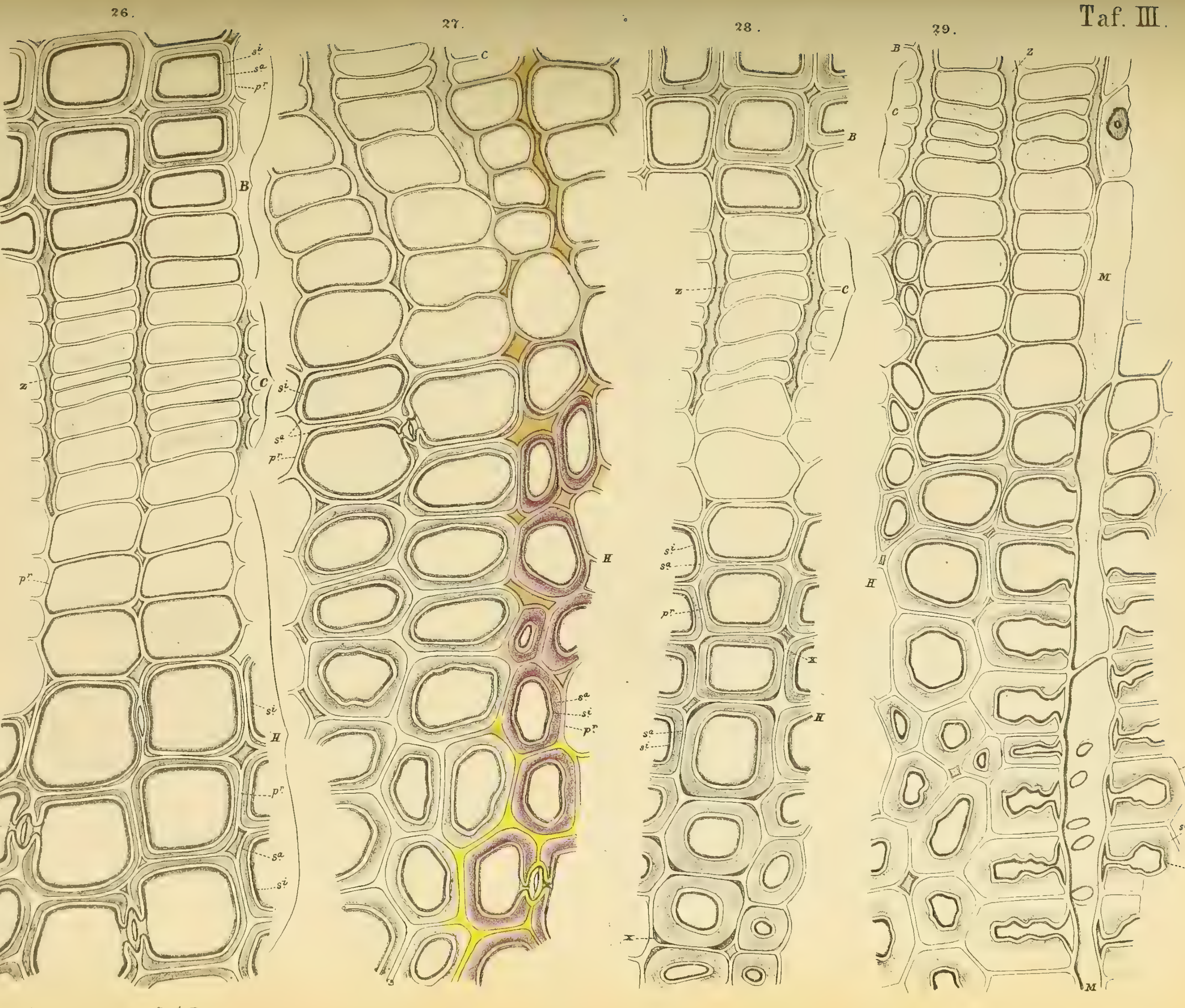
Taf. II.

11. 12. 13. 14. 15. 16. A B 17. 18. A B 19. 20. A B 21. A B C 24. 25. A B C

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.



Taf. III.

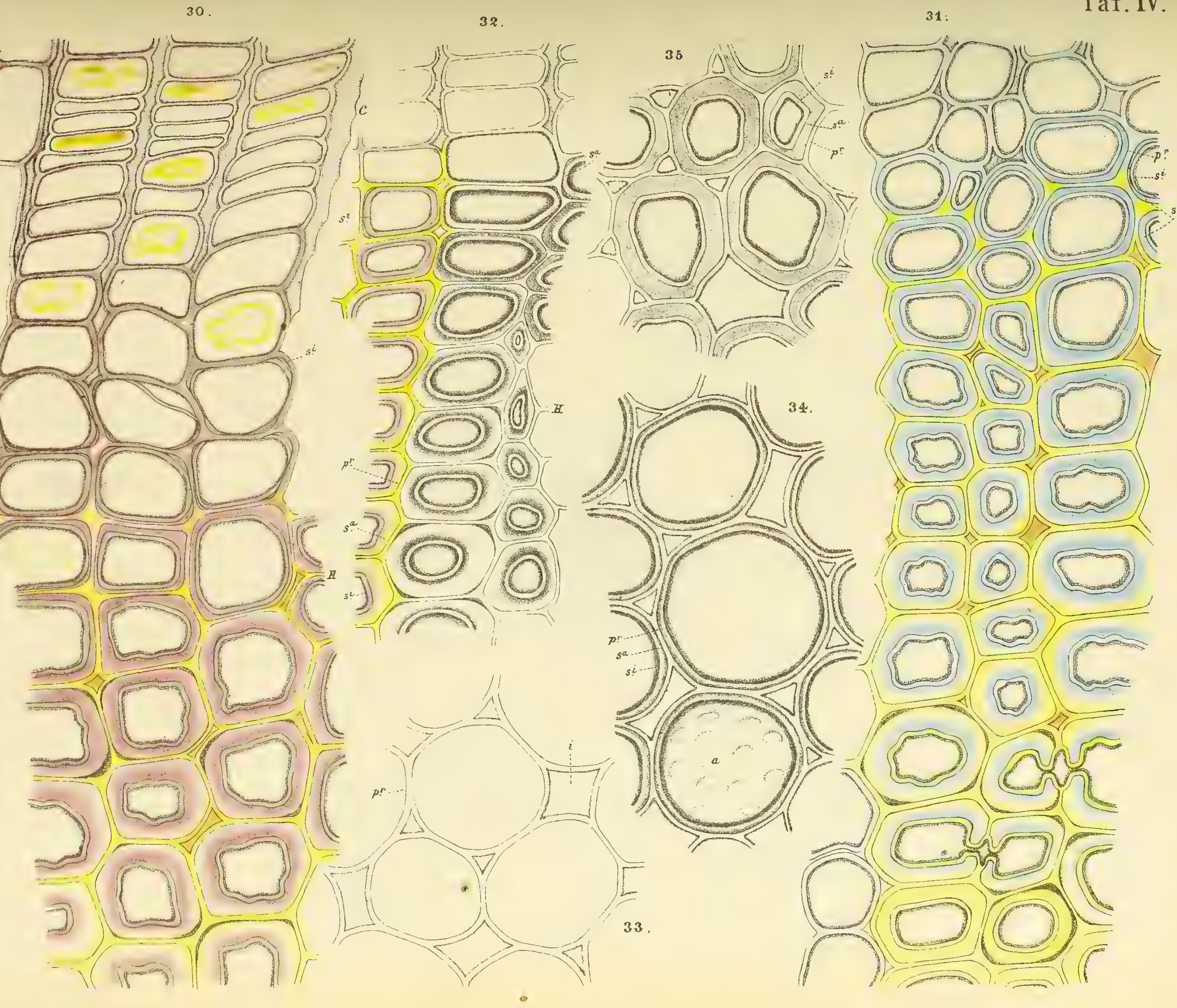


n.d. Natur gez. v. Professor Dr. L. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.



Taf. IV.

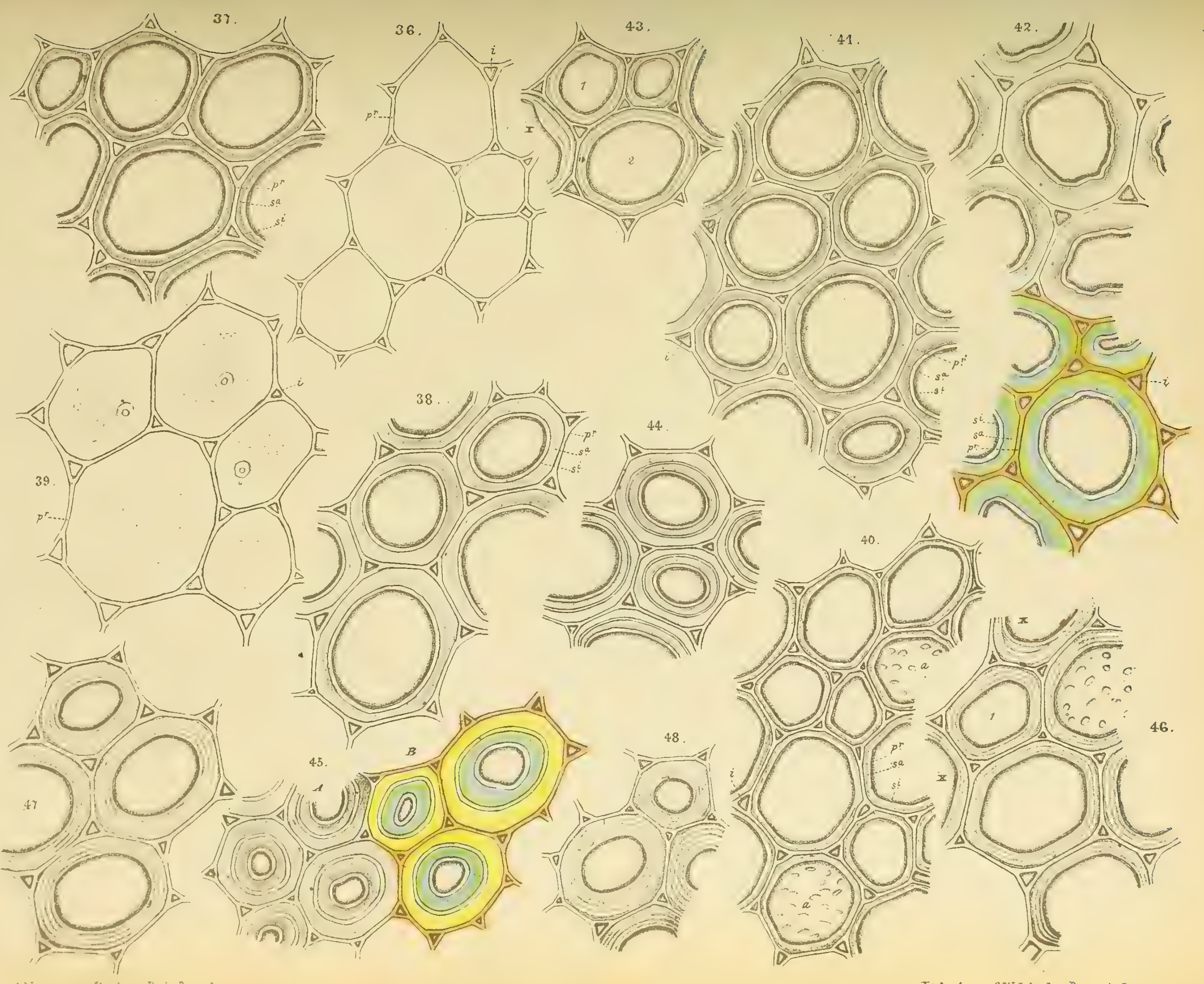


n. d. Natur gez. v. Professor Dr. I. Dippel.

Lith. Anst. v. C. Welzbacher, Darmstadt.



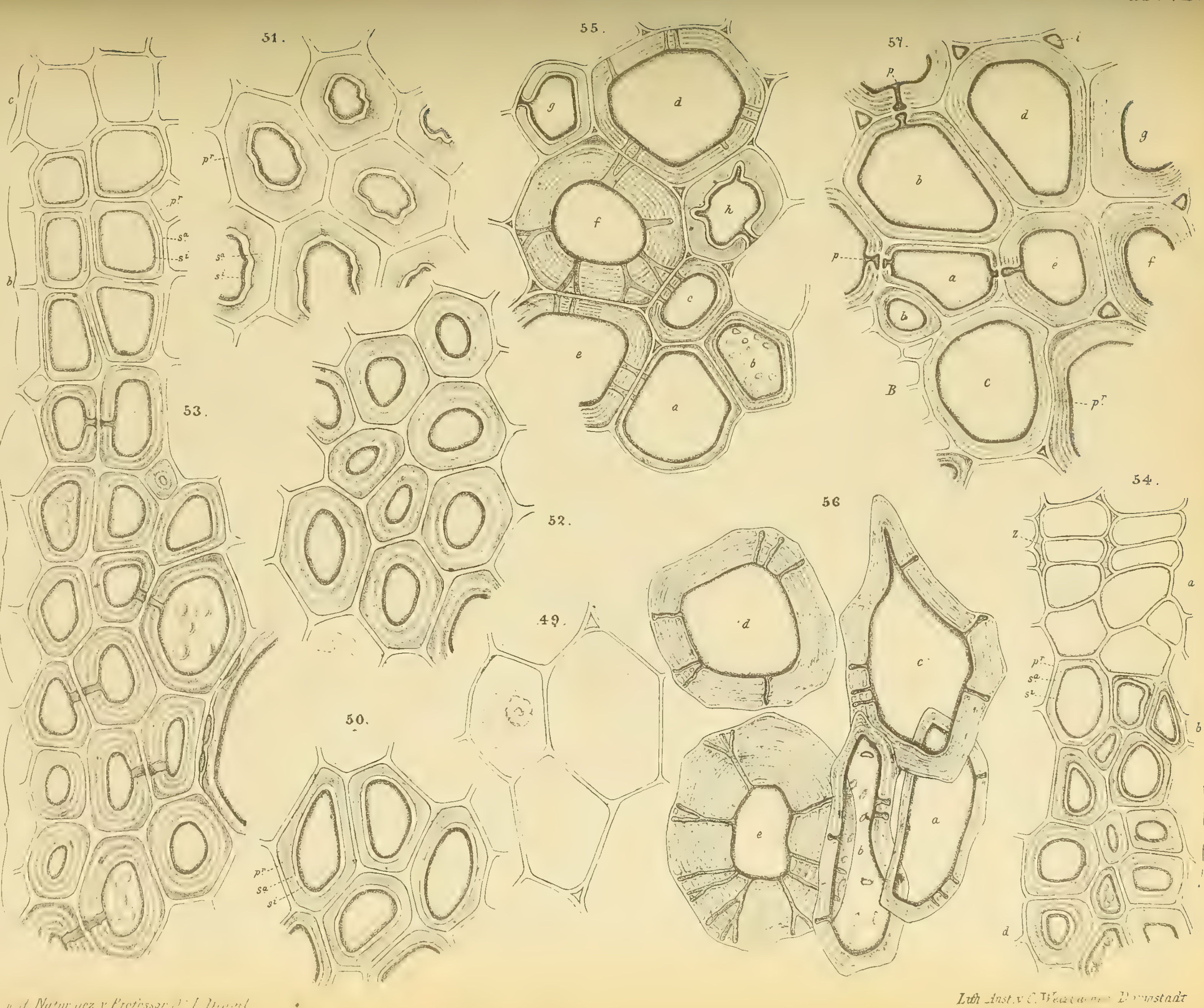
Taf. V.



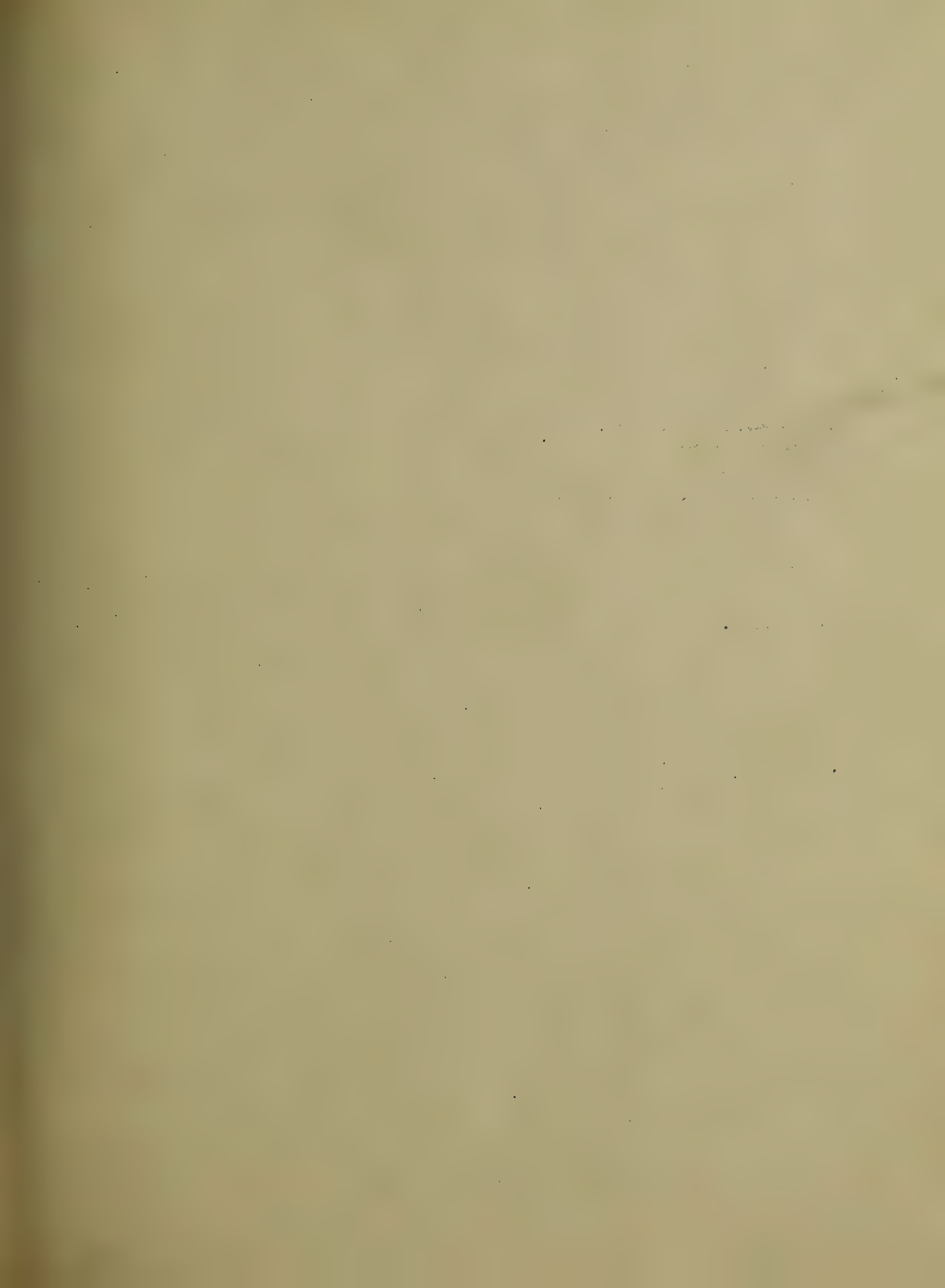
Lith. Anst. v. C. Welzbacher Darmstadt.



Taf. VI.







Inhalt.

ABHANDLUNGEN,

HERAUSGEGEBEN

VON DER

SENCKENBERGISCHEN NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT.

ZEHNTER BAND.

DRITTES UND VIERTES HEFT.

Mit XV. Tafeln.



FRANKFURT A. M.

CHRISTIAN WINTER.

1876.



Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zelltheilung und die Conjugation der Infusorien

von

O. Bütschli.

Mit 15 Tafeln.

Vorwort.

Der grossartige Aufschwung, welchen die Wissenschaften von der Organismenwelt seit der Darwin'schen Begründung der Entwicklungstheorie genommen haben, fand seine Basis vorwiegend in der strengeren Betonung der Morphologie, die allmälig von ihrer früheren, breiteren Auffassung, als eines Versuchs des Verständnisses der Gestalten organischer Körper überhaupt, zu der Wissenschaft von der Herleitung der mannigfaltigen Gestalten organischer Körper aus einander und ihren Beziehungen unter einander wurde. Diese schärfere Fassung der Morphologie konnte nur von fruchtbarem Einfluss auf die Entwicklung der Wissenschaft überhaupt sein. Dennoch begreift dieselbe nur eine Seite des gesammten Wesens organischer Gestalten, da diese auch, jede einzeln für sich, aus den gegebenen Grundlagen und Bedingungen ihres Hervorgehens sich erklären lassen müssen. Nur diese Auffassung der Morphologie der organischen Wesen, jetzt noch ein nebelhafter Traum der fernsten Zukunft, würde das leisten können, was sich die heutige Morphologie, meiner Ansicht nach, mit Unrecht zuschreibt: nämlich die causal-mechanische Erklärung der organischen Gestalten. Denn wenn auch gezeigt worden ist, dass eine organische Form sich aus einer anderen herleitet und wenn selbst, was heute kaum in einem Falle möglich gewesen ist, die Bedingungen des Eintretens dieser Umwandlung dargelegt worden wären, so würde dennoch nur das Material gegeben sein, an welchem eine causal-mechanische Erklärung sich künftig zu versuchen hätte; gerade wie Jemand, der, ohne Kenntniss der Einrichtung und der wirksamen Kräfte in einer abgefeuerten Kanone, durch vielfache Beobachtung zu der sicheren Ueberzeugung gelangt wäre, dass die Thätigkeit des Kanoniers die Ursache des Hervorschiessens des Geschosses sei, nun auch damit eine causal-mechanische Erklärung der wirklichen Entstehung der Geschossbewegung gefunden zu haben glaubte.

Die nothwendige Grundlage der heutigen Morphologie war jedoch die Zellenlehre, deren Ausarbeitung und Bestätigung innerhalb der grossen Reihe der thierischen Organismen die wesentliche Frucht der sogen. empirischen und unphilosophischen Periode unserer Wissenschaft in dem 19. Jahrhundert war. Die heutige Morphologie baut auf der bedeutsamen und für sie ausreichenden Grundlage des Hervorgehens aller complicirteren thierischen Gestalten aus Zellen und der Ableitung aller Zellen von Zellen. Dabei ist es für sie nur von untergeordneter Bedeutung, wie sich das Leben in der Zelle selbst gestalte, die Thatsache des Hervorgehens der Zelle aus der Zelle genügt ihr für die weitreichendsten Schlüsse.

Anders dagegen, wenn wir in das Verständniss des Elementarorganismus, des Bausteins der Morphologie in dem Sinne, welchen wir ihr oben gaben und der meiner Ansicht nach der jetzt gewöhnliche ist, also auch in das Verständniss der Gestalten der Elementarorganismen eindringen wollen. Hier hat die Art der morphologischen Betrachtung zelliger Organismen ihre Berechtigung verloren und dafür tritt die physiologische Auffassungsweise in den Vordergrund. Nur durch die Erkenntniss der physikalisch-chemischen Bedingungen ihres Entstehens und Vergehens werden sich die Erscheinungen an und in dem Elementarorganismus zuerst begrifflich fester gestalten. Der Verfasser gibt sich der Hoffnung hin, dass durch die in dieser Abhandlung zu schildernden Beobachtungen unsere Kenntnisse von dem thatsächlichen Verhalten des Elementarorganismus während wichtiger Epochen seines Lebens einen Schritt vorwärts gethan haben und wir dadurch dem oben gesteckten Ziel, wenn auch nur um Weniges, näher gerückt sind.

Meine Beobachtungen führten mich in mancher Hinsicht zu Vorstellungen über die Bedeutung gewisser Vorgänge und Erscheinungen, welche von denen der früheren Forscher sehr abweichen. Eine eingehende Kritik der früheren Beobachtungen wurde daher zur Nothwendigkeit. Sollte es mir, wie ja nur zu wahrscheinlich, nicht gelungen sein, in allen Stücken den Arbeiten meiner Vorgänger gerecht zu werden, so bitte ich dafür, im Bewusstsein aufrichtigen Strebens um freundliche Nachsicht.

Frankfurt a. M., November 1875.

O. Bütschli.

I. Capitel. Beobachtungen über die ersten Entwicklungsvorgänge an befruchteten Eiern von Würmern und Schnecken.

Die hier zu beschreibenden Beobachtungen habe ich im Sommer des Jahres 1874 mit Untersuchung der Eier verschiedener freilebender Nematoden begonnen. Anfänglich noch durch mannigfache falsche Auffassungen und Voraussetzungen, wie auch durch den Einfluss der zur Untersuchung gewählten Objecte, irre geführt, schritten dieselben dennoch allmälig und in gewissem Grade stetig vorwärts, so dass ich bei dem zuletzt beobachteten Object wohl auch die vollkommenste Einsicht in die sich abspielenden Vorgänge erlangt haben mag. Ich gehe daher bei der Beschreibung meiner Beobachtungen den umgekehrten Weg, indem ich mit der Schilderung der ersten Entwicklungsstadien der Eier von *Nephelis vulgaris* den Anfang mache.

A. Die Vorgänge bei *Nephelis vulgaris Moqu.-Tand.*

Taf. I. u. II.

Die Eier von *Nephelis* sind Objecte, welche in geeigneter Zeit leicht zu erhalten und zu studiren sind. Sie haben daher die Aufmerksamkeit der Forscher schon oft in Anspruch genommen, ohne dass jedoch hiedurch bis jetzt eine befriedigende Einsicht in die ersten Entwicklungsvorgänge erzielt worden wäre.

Die jüngsten Cocons von *Nephelis*, über deren Bildung wir von Robin (19) werthvolle Mittheilungen erhalten haben, besitzen eine sehr weiche und noch nicht gelb gefärbte, sondern weisslich durchscheinende Hülle. Sie lassen sich daher leicht erkennen und zur Untersuchung auswählen.

Die jüngsten Eier, die ich zu Gesicht bekam, zeigten einen von der zarten Dotterhaut ziemlich zurückgezogenen Dotter, in dessen Umgebung sich zahlreiche Spermatozoen in der Eiflüssigkeit schwimmend fanden. Der Dotter hat zu dieser Zeit keine völlig sphärische Gestalt, wie dies schon von Robin (l. c.) ausführlich erläutert wird, sondern ist in einem Durchmesser deprimirt. Die Dottermasse zeigt nach Behandlung mit 1% Essigsäure eine eigenthümlich alveoläre Structur. In dem Maschennetz der Alveolen finden sich zahlreiche, das Licht stärker brechende, feine Körnchen und auf der Oberfläche des Dotters eine ziemlich ansehnliche und stark lichtbrechende (dichte) Hautschicht.

In der Nähe eines der abgeplatteten Pole des Dotters bemerkte ich in diesem Stadium mehrmals ein, der Oberfläche des Dotters aufsitzendes, helles, protoplasmatisches Hügelchen (Fig. 1. Taf. I). Nach meinem Dafürhalten kann dasselbe nichts weiter sein, als ein mit dem Dotter zur Vereinigung gelangtes Spermatozoon, welches in Folge dieser Vereinigung den Umwandlungsprocess zu dem geschilderten Hügelchen erlitten hat und hierbei vielleicht auch durch Quellung etwas vergrössert wurde.

In einiger Entfernung von dem geschilderten hellen Hügelchen bemerkt man innerhalb des Dotters, excentrisch liegend und dem abgeplatteten Pol genähert, einen spindelförmig gestalteten Körper von eigenthümlicher Beschaffenheit. Derselbe wird von einer Anzahl feiner, seine Länge durchziehender Fasern gebildet, die in der Aequatorialzone des Körpers zu einem dickeren, glänzenden, etwas körnelig erscheinenden Abschnitt angeschwollen sind. Mit seiner Längsaxe ist dieser Körper stets nahezu in die Axe des abgeplatteten Dotters gerichtet.

Um die Enden des Körpers bemerkt man je einen hellen, durch seine homogene Beschaffenheit von der übrigen Dottermasse sich abzeichnenden Hof, von welchem aus sich nach allen Richtungen hin die Dotterkörnchen in radiärer Anordnung durch den Dotter erstrecken; so dass also um jedes Ende des spindelförmigen Körpers sich ein derartiges Strahlensystem oder eine Sonne findet. Die obenerwähnten hellen Höfe um die Enden des spindelförmigen Körpers besitzen gegen den körnigen Dotter hin keine bestimmte Grenze, sie gehen vielmehr allmälig in die Strahlensysteme und den eigentlichen, körnigen Dotter über.

Dieser spindelförmige Körper nun ist der metamorphosirte Eikern, das Keimbläschen, wofür ich den näheren Nachweis jedoch erst später beibringen kann und den Leser bitten muss, mir bis dahin Glauben zu schenken.

Etwas spätere Stadien zeigen nun, dass die um das eine Ende des spindelförmigen Körpers befindliche Dotterstrahlung bis in die Oberfläche des Dotters gerückt ist und der spindelförmig metamorphosirte Kern sich durch diese Strahlung aus der Oberfläche des Dotters hervorzuschieben beginnt (Fig. 2). Dabei bemerkt man, dass, während der noch innerhalb des Dotters befindliche Theil des Kernes seine langgestreckte, spindelförmige Gestalt beibehält, der schon hervorgeschobene Theil sich abgerundet und augenscheinlich durch Quellung vergrössert hat. Innerhalb des hervorgeschobenen Theils, an dem man sich von dem Vorhandensein einer deutlichen Membran überzeugt, sieht man eine Anzahl dunkler Körnchen, die durch feine Fasern mit den Fasern des noch im Dotter eingeschlossenen Theils des Kernes in Verbindung stehen, so wie man auch ferner bemerkt, dass sich eine Zone ähnlicher dunkler Körnchen am entgegengesetzten, noch im Dotter befindlichen Kernende findet. Der im Austreten begriffene

Eikern, das Richtungsbläschen, wird nun, wie bekannt, nicht einheitlich hervorgeschoben, sondern in mehreren bläschenförmigen Abschnitten, die durch eingeschnürte Verbindungsstrecken in Zusammenhang stehen.

Ich halte diese Erscheinung für einen activen Theilungsprocess des Zellkernes, nicht etwa nur für eine durch blos äussere Einwirkungen hervorgerufene Erscheinung; doch muss ich die Angabe meiner Gründe auf später verschieben.

Gewöhnlich theilt sich bei *Nephelis* der austretende Kern in dieser Weise in drei nahezu kuglige Abschnitte von meist verschiedener Grösse und zwar ist die zuerst hervorgeschobene Portion die kleinste und die zuletzt austretende die grösste (Fig. 3a).

Nach seinem vollständigen Austreten zeigt das so dreigetheilte Richtungsbläschen, wie gesagt, eine deutliche, zarte Membran und in seinem Innern zahlreiche dunkle, stark lichtbrechende Körnchen; die feinen Fasern der beiden zuerst ausgestossenen Abschnitte sind nicht mehr recht deutlich, dagegen ist der zuletzt ausgetretene hinterste Abschnitt meist deutlich von einer Menge zarter Fasern durchzogen, die von einer Körneranhäufung in der Nähe des Verbindungsstranges mit dem mittelsten Bläschen ihren Ursprung nehmen.

Schon auf dem Stadium der Figur 2, wo der Eikern noch nicht völlig ausgetreten ist, bemerkt man jedoch, ausser den beiden oben erwähnten Strahlungssystemen um die Enden des spindelförmigen Körpers, noch ein drittes im Dotter, das von der Austrittsstelle des Eikernes etwa um einen Quadranten entfernt ist und gleichfalls der Oberfläche des Dotters genähert liegt. Die Körnchenstrahlen laufen auch hier von einem, in ihrem Centrum sich findenden, hellen Hof aus. Dieser Hof nun, sammt seiner Strahlung, vergrössert sich während der völligen Ausstossung des Eikernes und rückt nach dem Centrum des Dotters. Jetzt — nachdem die Ausstossung des Keimbläschens vollendet ist und die Strahlungen des Dotters, die mit dem metamorphosirten Eikern früher im Zusammenhang standen, völlig geschwunden sind, wobei der Dotter auch wieder eine völlig sphärische Gestalt erlangt hat — jetzt erscheinen die ersten zwei minutiösen Kerne in dem Dotter und zwar, wie ich mehrfach zu beobachten Gelegenheit hatte, nahezu in dem durch die Austrittsstelle des Richtungsbläschens bezeichneten Durchmesser des Eies (Fig. 3). Der eine Kern lag immer nahezu in der Peripherie des centralen, hellen Hofes, der andere hingegen zwischen diesem und der Austrittsstelle des Eikernes, näher der Oberfläche des Dotters als dem Centrum.

Meine Bemühungen, zwischen diesen Kernen eine irgendwie gestaltete Verbindung ausfindig zu machen, waren nicht von Erfolg gekrönt. Schon in ihren minutiösesten Anfängen besitzen sie die Structur ausgebildeter Kerne, nämlich nach Behandlung mit 1% Essigsäure

eine deutliche dunkle Hülle und einen flüssigen Inhalt, in dem sich einige dunkle Körnchen finden.

Die oben beschriebene Lagerung der beiden Kernchen ist jedoch nicht von langer Dauer; bald nachdem sie nur wenig mehr gewachsen sind, trifft man sie entweder dicht zusammengelagert in der Peripherie des centralen, hellen Hofes oder in diesem selbst liegend und von der Dotterstrahlung umgeben, an. Einige Male traf ich auch statt zweier, im Centrum des Dotters liegender Kerne, drei an. Es lässt sich bei einem Object, das eine fortlaufende Untersuchung nicht gestattet, natürlich schwer entscheiden, ob die Bildung dreier Kerne nur ein Ausnahmefall ist oder die Regel; da ich jedoch drei Kerne im Ganzen selten sah und wir bei anderen Objecten finden werden, dass die Zahl der sich neubildenden Kerne Schwankungen unterworfen sein kann, so glaube ich annehmen zu dürfen, dass sich bei unserem Object in der Regel nur zwei neue Kerne bilden.

Wie gesagt, wachsen diese Kerne nun mehr und mehr an, indem sie sich hierbei mit ihren aneinander liegenden Flächen gegenseitig abplatten. Schliesslich verschmelzen sie mit einander, indem sie Formen bilden, denen man die Entstehung aus zwei oder zuweilen auch drei einzelnen Kernen noch deutlich ansieht (Fig. 8).

Das Wachsthum der Kerne geschieht nun ohne Zweifel auf Kosten des hellen Centralhofes, denn in dem Maasse als die Kerne anwachsen, nimmt dieser ab, indem allmälig seine Stelle von den Kernen geradezu eingenommen wird. Haben die Kerne ihr definitives Wachsthum erreicht, so ist der Hof völlig geschwunden und mit ihm auch die Dotterstrahlung.

Der Bau dieser Kerne verdient nun einige Aufmerksamkeit. Wie schon bemerkt, sind sie von einer deutlichen, starken, dunkeln Hülle umschlossen und enthalten kein Kernkörperchen, sondern die helle Flüssigkeit, welche in der Hülle eingeschlossen ist, wird von einer Anzahl, von der Hülle entspringender, häufig netzartig mit einander vereinigter, jedenfalls protoplasmatischer Stränge durchzogen, in die hie und da auch dunkle, stärker brechende Körnchen eingeschaltet sind (s. Figg. 6, 7 und 8).

Während diese Vorgänge im Innern des Dotters verlaufen, haben sich gewöhnlich die beiden zuerst ausgetretenen Richtungsbläschen wieder mit einander vereinigt (s. Figg. 5 und 9). In Fig. 9 sieht man deutlich die fasrige Strahlung der beiden Körperchen und in dem einen bemerkt man ein rundes, helles Bläschen, das ich in gleicher Weise auf diesem Stadium mehrfach fand.

Wir kommen nun zu den Vorgängen während der ersten Furchung. Dieselbe wird durch eine Streckung des Dotters in der zu dem Richtungsbläschen-Durchmesser senkrechten Richtung eingeleitet und zugleich beginnt eine Umwandlung des Kernes.

Das Stadium der Figg. 10 und 1a Taf. II. scheint in Bezug auf die ersten Anfänge dieser Kernmetamorphose Wichtiges zu verrathen, wobei ich mir jedoch erlauben muss Einiges einstweilen ergänzend beizufügen, was sich aus den Betrachtungen anderer Objecte ergeben hat. An zwei in der Streckungsaxe des Dotters sich gegenüberliegenden Stellen des Kernes entsteht in den benachbarten Dotterpartien eine Strahlung und zugleich beginnt sich im Centrum derselben ein heller Hof von der früher schon beschriebenen Art zu bilden. Zwischen diesen beiden Punkten beginnt nun der Kern sich längsfasrig zu differenziren; diese Differenzirung schreitet allmälig vorwärts, während der noch nicht veränderte Rest des Kernes noch immer die früher beschriebene Structur, wenn auch nicht mehr so deutlich zeigt (s. Fig. 10), bis er schliesslich völlig verschwindet. Der auf diese Weise aus dem Kern entstandene spindelförmige Körper hat ganz den, schon oben von dem metamorphosirten Keimbläschen geschilderten Bau. Zarte Fasern ziehen in mässiger Anzahl von einem Ende der Spindel zum andern und schwellen in der Mittelzone zu einem dickeren und dunkleren Theil an. Die Gesammtheit dieser aus dunkleren Stäbchen gebildeten Aequatorialzone nenne ich nach dem Vorgange Strasburger's die Kernplatte. Die Länge des so gebildeten, spindelförmigen Körpers ist kaum etwas bedeutender als der Durchmesser des ursprünglichen Kernes, jedoch ist es natürlich schwer dieselbe genau festzustellen, da die sich zuspitzenden Enden nur schwierig wahrnehmbar sind. Vergleicht man das Volumen eines spindelförmig metamorphosirten Kernes mit dem des ursprünglichen Kernes der ersten Furchungskugel, so erhellt, dass letzteres bei der Metamorphose beträchtlich abgenommen haben muss, eine Erscheinung, die nur dadurch zu erklären ist, dass ein Theil der Flüssigkeit, die den Kern erfüllte, während der Metamorphose austrat.

Die weiteren Fortschritte der Theilung sind nun folgende. Die sogen. Kernplatten, die verdickten, äquatorialen Theile der Fasern, theilen sich in dem Aequator des spindelförmigen Körpers und die auf diese Weise enstandenen beiden Platten rücken nun nach den spitzen Enden der Kernspindel zu, bis sie schliesslich in diesen selbst angelangt sind, so dass nun die dunklen Stäbchen oder Fäden der getheilten Kernplatte die Enden der Kernspindel bilden, welche nun auch ihre zugespitzte Gestalt verloren und dafür eine abgerundete erlangt haben (Fig. 12). Mittlerweile hat auch die Einfurchung des Dotters ihren Anfang genommen.

Nun erscheinen die Fasern der Kernspindel im Aequator von neuem etwas verdickt und dunkler und bilden die sogenannte Zellplatte nach Strasburger's Bezeichnung bei vegetabilischen Zellen (Fig. 12).

Nachdem die Dotterfurchung etwa bis zur Hälfte vollendet ist, beginnt die Neubildung der Kerne der zweiten Generation der Furchungskugeln aus den Enden der Kernspindel. Dieser

Vorgang selbst wird sich durch Beobachtung kaum jemals ganz klarstellen lassen, ich bemerke vorerst nicht mehr, als dass die, hier je in Zweizahl auftretenden, neuen Kernchen sich aus den, an die Enden der Kernspindel gerückten Hälften der Kernplatte hervorbilden müssen. Sie erscheinen auch hier als zwei dicht zusammenstehende, von dunkler Hülle umschlossene, mit heller Flüssigkeit und einigen kleinen Körnchen erfüllte Bläschen (Fig. 13 und 14). Die Verschmelzung derselben (Fig. 14) geschieht jedoch hier noch auf einem sehr jugendlichen Stadium. Auch hier steht das Wachsthum dieser jungen Kerne wesentlich mit den hellen Höfen, die sich um die Enden des spindelförmigen Körpers gebildet hatten, im Zusammenhang; denn beide stehen in Bezug auf ihre Ausbildung im umgekehrten Verhältniss. Haben schliesslich die Kerne ihr definitives Wachsthum erreicht, so sind Centralhöfe und Strahlung verschwunden.

Was nun aus den Fasern der ursprünglichen Kernspindel wird, welche noch die jungen Kerne (Fig. 13) mit einander verbinden, liess sich bei diesem Object nicht sicher entscheiden, so dass ich hinsichtlich dieser Frage auf das Folgende verweisen muss.

Haben die Kerne der Furchungskugel zweiter Generation ihre völlige Ausbildung erreicht, die in nichts von der der ersten Generation abweicht, so zeigen die am Ende der Furchung nahezu abgerundeten beiden Dotterkugeln die bekannte Erscheinung des Zusammenfallens (s'affaiser, E. v. Beneden), so dass sie nun zusammen nahezu wieder eine Kugel bilden (Fig. 17).

Ungefähr um diese Zeit ist gewöhnlich die völlige Wiedervereinigung der Richtungsbläschen eingetreten (Fig. 16). Nun zeigt sich in dem einen Richtungsbläschen eine, von zwei sich gegenüberstehenden Körneranhäufungen ausgehende, sehr interessante, strahlige Faserung.

Die nächstfolgenden Theilungsvorgänge der Furchungskugeln zweiter Generation verlaufen völlig in gleicher Weise, wie dies schon für die erste Generation geschildert wurde und wie die Figg. 18 und 19 beweisen. Die Theilung der Furchungskugeln zweiter Generation geschieht schon nicht mehr gleichzeitig.

Die Entdeckung der Richtungsbläschen bei *Nephelis* machte Frey 1845 (1). Eine ausführliche Schilderung der Formation der Richtungsbläschen gab Robin (19). Man findet bei ihm auch eine eingehende Schilderung der Formveränderungen des Dotters während der ersten Entwicklungszeit, sowie Angaben über die Zeitdauer zwischen den einzelnen Prozessen, die ich, weil ich nicht an frischen Eiern untersuchte, ausser Acht liess.

Robin lässt bekanntlich die Richtungsbläschen durch eine Knospung des Protoplasma's der Dotteroberfläche selbst entstehen. Auch bei *Nephelis* soll die Formation der Richtungsbläschen von einer hellen, körnerlosen, peripherischen Dotterpartie aus stattfinden, wovon ich bei den mit Essigsäure behandelten Eiern nichts Deutliches sah. Die Wiedervereinigung der bald

zu zweien, bald zu dreien auftretenden Richtungsbläschen hat Robin zuerst beobachtet. Bei *Clepsine* *), wo sich regelmässig drei, zuweilen jedoch auch vier Bläschen bilden sollen, sollen dieselben in dem letzteren Fall zu zweien sich wieder vereinigen. Nicht uninteressant ist auch die Beobachtung, dass das Richtungsbläschen bei *Nephelis* zuweilen als ein einfacher, wurstförmiger Körper auftritt, der erst nachträglich in zwei oder drei Bläschen sich theilt.

Bei *Nephelis* hat R. auch schon den Kern der ersten Furchungskugel gesehen, er schildert dessen Theilung durch Streckung etc.; doch soll sich zuweilen der Fall ereignen, dass die Furchungsebene neben dem Kern hinläuft und derselbe gänzlich in einer der beiden Furchungskugeln verbleibt.

Bekanntlich hat Ratzel (4) vor nicht langer Zeit sehr merkwürdige, auch mir unerklärliche Mittheilungen über die ersten Entwicklungsvorgänge von *Nephelis* und *Lumbricus* gegeben, nach welchen sich bei diesen Würmern gar keine regelrechte Furchung finden sollte. Diese sonderbaren Ansichten sind durch die Beobachtungen Kowalewsky's (6; p. 2 etc.) schon hinreichend widerlegt worden. Dennoch will ich hier noch einmal kurz die nächsten Fortschritte der Furchung angeben, soweit ich dies verfolgt habe, da die Rathke'sche Schilderung sich nicht ganz den thatsächlich vorhandenen Verhältnissen anschliesst.

Nach der Theilung zu zweien, theilt sich zuerst die grössere Furchungskugel (Figg. 1a u. 12a Taf. II.) noch einmal und hierauf erst die nur um weniges kleinere zweite. Alsdann sieht man gleichzeitig von zweien der Kugeln (wahrscheinlich den Abkömmlingen der ersten grösseren Furchungskugel) in einer zu den seitherigen Theilungen senkrechten Richtung zwei kleine Zellen sich abtheilen, welche den in einer Ebene zusammengedrängten 4 grossen Kugeln mitten aufliegen. Nach Rathke (3), dessen Schilderung Kowalewsky's bestätigen zu können angibt, gehen diese zwei kleinen Kugeln aus einer der 4 grossen hervor und zwar zerfällt diese grosse Kugel schliesslich völlig zu kleinen. Dies ist jedoch sicher nicht der Fall, sondern zunächst erfolgt eine Vermehrung der kleinen Kugeln zu vieren durch ungleichmässige Theilung der beiden anderen

*) Der sogenannte Polarring Grube's (2; pag. 15) ist wohl das Richtungsbläschen, was sich einmal aus seiner Lage, dicht bei oder in der ersten Theilungsfurche, sowie der Möglichkeit, ihn vom Dotter abzupräpariren, ergibt. Die sogenannten Wandungsballen (pag. 18 ff.) sind die sich bildenden Ectodermzellen am formativen Pol. Grube lässt sie sich in den Furchungskugeln bilden und hernach ausgestossen werden. Diese Ansicht basirte wohl darauf, dass er die Kerne der Furchungskugeln für in der Entwicklung begriffene Wandungsballen genommen hat. Interessant ist es, dass er schon um diese Kerne der Furchungskugeln eine strahlige Zeichnung andeutet. (Vergl. l. c. Taf. III. fig. 11 u. 12). Rathke (3) hat bei *Clepsine* gar keine Richtungsbläschen gefunden. Die von Rathke geschilderte sehr eigenthümliche Bildung der sogenannten Keimscheibe bei dieser Gattung macht eine wiederholte Untersuchung des Objectes sehr wünschenswerth.

grossen Furchungskugeln, worauf diese 4 kleinen Kugeln, die Anlage des Ectoderms, sich selbstständig weiter vermehren.

Ratzel macht auch einige Mittheilungen (5; p. 276, T. XXIII, Figg. 29—34) über die Kerne der 4 grossen Furchungskugeln. Er hat an ihnen schon ziemlich deutlich den eigenthümlichen, oben näher geschilderten Bau und ihre häufig sehr unregelmässige, gelappte und ausgebuchtete Form beobachtet. Dies gibt ihm Veranlassung hier einen Knospungsprocess der Kerne anzunehmen, durch welchen namentlich die Kerne der geschilderten kleinen Furchungskugeln ihren Ursprung nehmen sollten. Dass dem nicht so ist, dürfte nach meiner Schilderung der Theilungsvorgänge der Kerne, die sich in gleicher Weise auch bei der Bildung der kleinen Furchungskugeln wiederholen, nicht mehr zweifelhaft sein. Die unregelmässige, gelappte Gestalt der Kerne ist zum Theil wenigstens Folge ihres Hervorgehens aus zwei, vielleicht auch mehr kleinen Kernchen, wobei sie trotz des raschen Wachsthums die Verschmelzungsform häufig noch ziemlich deutlich bewahren.*)

Die Schilderung, welche Rathke von der Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel gibt, beweist, dass er den sich bildenden hellen Centralhof gesehen hat. Seine Angaben über die der Furchung vorausgehende Kerntheilung erklären sich dadurch, dass er die, bei der Umformung des Kernes zur Theilung sich bildenden Centralhöfe gesehen und für durch Theilung hervorgegangene Kerne genommen hat, ein Missgriff, der häufig geschah, wie dies später bei Betrachtung der Nematodeneier noch eingehender hervorgehoben werden wird.

B. Die Vorgänge bei *Cucullanus elegans* Zed.

Taf. III.

Das hier zu besprechende Object war eines der ersten, dessen Untersuchung ich vornahm, und ich verdanke es vielleicht zum Theil seiner, in mancher Hinsicht werthvollen Beschaffenheit, dass es mir gelang etwas tiefer in die hier in Frage stehenden Vorgänge einzudringen.

Die Methode meiner Untersuchung habe ich schon anderwärts**) genau geschildert, ich

---

*) Balfour macht gelegentlich der späterhin zu besprechenden, eigenthümlichen Kerne im Dotter und Blastoderm der Elasmobranchier einige Bemerkungen über ähnliche, zusammengesetzte Kerne im Ei von *Nephelis*. Da mir die Stelle nicht ganz verständlich ist, so erlaube ich mir sie hier in extenso beizufügen:

> „Such nuclei as i have described are rare; they have howewer been observed in the egg of *Nephelis* (on of the Leeches), and have in that case been said too divide. Dr. Kleinenberg, howewer, by following *a single egg* through the whole course of the development, has satisfied himself that this is not the case, and that, further, *these nuclei in Nephelis never form the nuclei of newly developing cells.*" Quart. journ. of micr. science. T. XIV. 1874, p. 329.

**) Zur Entwicklungsgeschichte des *Cucullanus elegans*. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXV. 1875.

bemerke hier nur, dass ich mich einer 2% Essigsäure, der etwa ½% Kochsalz zugesetzt war, als Untersuchungsflüssigkeit bediente.

Die Entwicklung der Eier von *Cuc. elegans* ist ziemlich häufig untersucht worden, jedoch sind die hier stattfindenden Vorgänge nur zum kleinen Theil richtig aufgefasst worden, wie sich aus den nachstehenden Mittheilungen ergeben wird.

Das die Ovarien verlassende Ei ist hüllenlos, von einem sehr durchsichtigen, klaren Protoplasma gebildet, welches jedoch zuweilen einige zerstreute, dunkel-glänzende, den Dotterkörnchen anderer Nematoden entsprechende Körnchen enthält (s. Fig. 3), wie schon Claparède beobachtet hat (7; p. 41, T. XV).

Eine Dotterhaut existirt noch nicht, das, was sich nach Behandlung der Eier in der angegebenen Weise vielleicht so deuten liesse, ist eine verdichtete Hautschicht, die sich nach der Gerinnung durch die Essigsäure durch Diffusionsprocesse in derselben Weise, wie die Haut bei der Bildung sogenannter anorganischer Zellen, abhebt.

Innerhalb des Dotters bemerkt man noch sehr deutlich das grosse, runde Keimbläschen mit deutlicher, dunkler Hülle, körnelichem Inhalt und einem gegen früher schon sehr reducirten, jedoch immerhin noch ziemlich bemerkbaren Keimfleck (Fig. 2).

Die Umrisse des Dotters sind stets sehr unregelmässig, was es mir wahrscheinlich macht, dass derselbe um diese Zeit auch hier, wie bei anderen Nematoden, in lebhafter amöboider Bewegung begriffen ist.

Untersucht man Eier, welche die Samentasche passiren, oder eben aus ihr hervorgetreten sind, näher, so bemerkt man, dass an einer Stelle ein helles Körperchen, welches ein Körnerhäufchen einschliesst, in die Oberfläche des Dotters gleichsam eingedrückt ist (Fig. 1). Seiner Grösse und Beschaffenheit nach und des Umstandes wegen, dass die reifen, jedoch noch nicht durch die Samentasche getretenen Eier dieses Körperchen nie zeigen, ergibt sich dasselbe unzweifelhaft als das mit dem Dotter zur Vereinigung gelangte Spermatozoon.

Der weitere Fortschritt der Entwicklung besteht nun zunächst in der Bildung einer Dotterhaut um den befruchteten Dotter (Figg. 2, 4) und dem Verschwinden des Keimflecks. Statt dessen sah ich mehrfach ein aus sehr feinen Körnchen gebildetes Kreischen im Centrum des Keimbläschens und in seiner Umgebung eine Anzahl aus dunklen Körnchen aufgebauter, feiner Stäbchen (Fig. 3).

Das Keimbläschen selbst liegt zu dieser Zeit häufig excentrisch, dicht unter der Oberfläche des Dotters (Fig. 4).

Gehen wir nun einen Schritt weiter, so finden wir das Keimbläschen nicht mehr im Dotter, statt seiner aber einen langgestreckten, spindelförmig gestalteten Körper von derselben oder doch sehr ähnlicher Beschaffenheit, wie der oben schon aus dem Ei von *Nephelis* beschriebene (vergl. die Figg. 6, 7, 8 u. 9). In seiner Aequatorialzone bemerken wir auch hier wieder die aus einer Anzahl (sicher bis ca. 9) dunkler Stäbchen gebildete Kernplatte. Jedes der Stäbchen verräth selbst wieder eine Zusammensetzung aus kleinen Körnern. Nach den Enden des spindelförmigen Körpers zu, setzen sich die Stäbchen der Kernplatte als zarte Fasern bis in die Enden der Spindel fort. Erblickt man eine derartige Spindel im optischen Querschnitt, so sieht man (Figg. 7, 11), dass die Stäbchen der Kernplatte innerhalb eines bestimmt umgränzten Körpers liegen, also nicht etwa nur Differenzirungen im Dotter sein können.

Durch den Einfluss der angewandten Reagentien zieht sich die umgebende Dottermasse von dem spindelförmigen Körper gewöhnlich weit zurück, so dass derselbe scheinbar in einen weiten hellen Raum zu liegen kommt (s. Figg. 9 u. 6).

Die Deutung des spindelförmigen Körpers fällt uns nun nicht mehr schwer, nachdem wir schon bei *Nephelis* gesehen haben, dass der Theilungsprocess des Kernes mit der Metamorphose zu einer ganz entsprechenden Kernspindel anhebt; der spindelförmige Körper ist also auch hier nichts anderes als der metamorphosirte Kern, wiewohl es mir leider bei diesem Object nicht möglich war, etwas über die Art der Umwandlung zu ermitteln.

Schon die Figur 6 zeigt uns die Kernspindel in einer sehr eigenthümlichen Stellung innerhalb des Dotters; sie ragt nämlich mit ihrem einen Ende in dessen Oberfläche hinein oder wohl schon etwas auf dieselbe hinaus. Weitere Stadien (Figg. 11 und 12) zeigen aber, dass sie sich schliesslich völlig ausserhalb des Dotters, dessen Oberfläche aufgelagert findet, ohne sich jedoch in ihrer früheren Beschaffenheit verändert zu haben.

Es macht mir nun, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung (15) bemerkt habe, einige Schwierigkeit von dem Zustand der Fig. 12 zu den Stadien der Figg. 13 u. 14, die sich unzweifelhaft hier anschliessen, den vermittelnden Uebergang zu finden.

In Figg. 13 u. 14 sehen wir nämlich die Bildung der Richtungsbläschen, von denen es nach den Erfahrungen an *Nephelis* nicht zweifelhaft sein kann, dass sie aus der Kernspindel hervorgehen. Betrachten wir uns diese Formation der Richtungsbläschen in Figg. 13 u. 14 etwas genauer, so sehen wir sie, wie bei den später zu beschreibenden Schnecken, die Bildung einer sich theilenden Kernspindel wiederholen. Wir finden nämlich zwei auseinandergerückte Kernplatten, die aus dunklen Körnern gebildet sind, welche durch feine Fasern sich mit den Körnern der gegenüber liegenden Platte verbinden. Die Entstehung des Richtungsbläschens aus der,

der Oberfläche des Eies aufliegenden Kernspindel muss daher in der Weise vor sich gehen, dass dieselbe in dem einmal eingeleiteten Theilungsprocess weiter fortschreitet, wobei jedoch ihr Volumen sich beträchtlich vermindern muss, denn das Volumen des Richtungsbläschens ist viel kleiner als das der ursprünglichen Kernspindel.

Wenn die Kernspindel noch deutlich auf der Oberfläche des Dotters zu beobachten ist, bemerkt man häufig an ihrem einen Ende ein bläschenförmiges Gebilde (Fig. 12), das einige Körnchen einschliesst. Die Möglichkeit liegt vor, dass dieses Bläschen die beginnende Umwandlung der Kernspindel zu den Richtungsbläschen darstellt. Es schien mir, dass z. B. in der Figur 14 das eine Richtungsbläschen noch in den Dotter eingesenkt sei, doch kann man sich unschwer vorstellen, dass bei der Umwandlung der Kernspindel, die ja doch theilweise in den Dotter eingedrückt ist (vergl. Fig. 11), sich ein derartiges Bild leicht ergeben kann.

Obwohl der Uebergang der Kernspindel in die beiden Richtungsbläschen hier nicht mit derselben Evidenz demonstrirt werden konnte wie bei *Nephelis*, so scheint mir doch ein Zweifel, namentlich wenn noch die später zu besprechenden Beobachtungen bei Schnecken zum Vergleich herangezogen werden, nicht möglich.

Ich will hier einschalten, dass ich das Spermatozoon noch auf dem Stadium der Fig. 12 (sp.) mit Deutlichkeit auf der Oberfläche des Dotters beobachtete.

An der Stelle, wo das Richtungsbläschen der Dotteroberfläche aufliegt, zeigt der Dotter eine etwas abweichende Beschaffenheit; es ist hier ein helleres und etwas grobkörnigeres Protoplasma der Dotteroberfläche bis zu einer gewissen Tiefe eingesenkt und grenzt sich unregelmässig, jedoch ziemlich scharf gegen die feinkörnigere und dunklere Dottersubstanz ab.

Dieses helle Protoplasma an der Oberfläche des Dotters, welches sich wahrscheinlich nach Vollendung der Richtungsbläschen mehr über die Dotteroberfläche ausbreitet — wofür eine Anzahl Bilder sprechen — ist nun ohne Zweifel der Herd der Kernneubildung, denn die neuen Kerne entstehen immer dicht unter der Oberfläche des Dotters und an weit von einander entfernten Stellen. Bevor die Kernneubildung beginnt, ist das Spermatozoon verschwunden. Die Zahl der bei *Cucullanus* sich neubildenden Kerne der ersten Furchungskugel beträgt wohl 4—5. Von Beginn ihrer ersten Bemerkbarkeit sind sie deutlich bläschenförmig, mit dunkler Hülle und körnigem Inhalt, ohne jemals ein besonderes Kernkörperchen zu enthalten.

Nachdem die Kerne zu einer ansehnlichen Grösse herangewachsen sind und ihre peripherische mit einer mehr centralen Lage vertauscht haben, beginnen sie zu verschmelzen, wobei die theilweise zur Vereinigung gelangten (Fig. 12) Formen bilden, welche man

früherhin unbedingt für knospende Kerne in Anspruch genommen haben würde und genommen hat.

Schliesslich erfolgt ihre Verschmelzung zu einem gemeinsamen Kern, so dass das auf diesem Stadium befindliche Ei sich nur durch die der Dotteroberfläche aufsitzenden Richtungsbläschen von dem Zustande vor der Metamorphose des Keimbläschens mit Sicherheit unterscheiden lässt.

Die beiden Richtungsbläschen trennen sich bei unserem Object bald nach ihrer Bildung meist gänzlich von einander, wie sich daraus ergibt, dass sie häufig sehr weit auseinander liegen.

Das nächste Stadium zeigt uns nun den in der Theilung begriffenen Dotter (Fig. 21), in dessen Längsaxe wir die langgestreckte, durch Metamorphose des Kernes hervorgegangene Kernspindel wieder auffinden. Ueber den Modus der Kernumwandlung liess sich hier bei *Cucullanus* nichts mit Sicherheit ermitteln, dennoch wäre es möglich, dass der in Fig. 20 wiedergegebene Zustand mit dieser Kernumwandlung in Zusammenhang stünde. Statt des Kernes zeigt sich hier nur eine undeutlich umschriebne, helle Stelle im Dottercentrum, in deren Inneren eine Anzahl dunkler, körniger Stäbchen unregelmässig durcheinanderliegen. Doch die Hierhergehörigkeit dieses Zustandes ist nur eine Vermuthung, auch habe ich derartige Stadien nur einige wenige Male beobachtet.

Die aus der Metamorphose des ersten Furchungskernes hervorgegangene Kernspindel und mit ihr die, bei den ferneren Theilungen auftretenden, unterscheiden sich in ihrem Bau etwas von der früher beschriebenen, durch Metamorphose des Kernbläschens entstandenen Spindel. Die den Aequator einnehmende Körnerplatte wird nämlich hier nur von einem Kreis dunkler Körnchen gebildet, wie die Ansichten im optischen Durchschnitt (Fig. 23) im Verein mit seitlichen Ansichten lehren.

Das weitere Verhalten des metamorphosirten Kernes während der Theilung ist genau dasselbe, wie das schon früherhin von *Nephelis* geschilderte. Die äquatoriale Körnerplatte (Strasburger's Kernplatte) theilt sich zu zweien, die nach den Enden der Kernspindel auseinanderrücken, bis sie schliesslich die Enden selbst erreichen, womit dann die spindelförmige Gestalt des metamorphosirten Kernes sich wie bei *Nephelis* in eine mehr bandförmige umgewandelt hat. Mittlerweile ist die Durchfurchung des Dotters senkrecht zu den die beiden Kernplatten verbindenden Fasern vollendet. Mit dem Auftreten der jungen Kernchen in den Furchungskugeln zweiter Generation, an Stelle der beiden Kernplatten, habe ich bei *Cucullanus*

nichts Deutliches mehr von den Kernfasern gesehen. Fig. 24 zeigt je 2 eben erst entstandene kleine Kerne; Fig. 25 jedoch beweist, dass sich zuweilen auch bis 4 anlegen können. Nachdem dieselben hinreichend herangewachsen sind, verschmelzen sie mit einander wie die Kerne der ersten Furchungskugel und man hat häufig Gelegenheit die in solcher Weise entstandenen, sogenannten knospenden Kerne zu beobachten.

Die Erscheinung der Dotterstrahlung zeigt sich während der Theilung bei *Cucullanus* in der gleichen Weise wie in den übrigen zur Untersuchung gelangten Eiern, jedoch ist sie hier relativ schwer zu beobachten wegen der so ungemein feinkörnigen Beschaffenheit des Dotters.

Die Richtungsbläschen, die, wie oben schon erwähnt, gewöhnlich weit von einander getrennt sind, haften meist je einer der beiden Furchungskugeln zweiter Generation an (Fig. 25 und 27).

Sind die Kerne der Kugeln völlig ausgebildet, so sind die letzteren auch in der gewöhnlichen Weise zusammengefallen. Darauf beginnt zuerst die grössere der Kugeln in der bekannten Weise sich zu theilen und so fort. So weit sich die Theilungsvorgänge verfolgen liessen, geschahen sie hier stets in der beschriebenen Weise. Ein deutliches Kernkörperchen tritt in den Kernen der Furchungszellen erst auf, wenn die Bildung der zweischichtigen Zellenplatte, die, wie ich anderwärts beschrieben habe,*) das Resultat der Furchung darstellt, vollendet ist.

Die Eier der Nematoden haben vielfach zu Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge gedient. In vergangener, wie jüngster Zeit, seitdem v. Siebold 1837 zuerst ihren Furchungsprocess entdeckte, waren es gerade die Beobachtungen an den Eiern dieser Würmerklasse, welche wesentlich dazu beitrugen, die mannigfachen Wandlungen, welche die Auffassung des Furchungsprocesses im Laufe der Zeiten erfuhr, zu begründen.

v. Siebold, Bagge, Kölliker, Reichert, J. v. Beneden, Gabriel, Claparède, Schneider, Leuckart, Pagenstecher, E. van Beneden, meine Wenigkeit und neuerdings Auerbach haben sich an diesen Objecten versucht und zum Theil auch dem *Cucullanus elegans* ihre besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Um so mehr muss es auffallen, dass auch die Beobachter der letztvergangenen Jahre, welche sich mit der Erforschung der Entwicklung der

*) Vgl. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 26. p. 103.

Cucullanuseiern beschäftigt haben, gar nichts von den so interessanten Vorgängen berichten, die sich in denselben abspielen.

Kölliker hat zuerst 1843 (8) die Entwickelung unseres Thieres eingehend studirt. Der von ihm beschriebene Vorgang der Embryonalzellenbildung, — dass nämlich in dem Dotter zuerst, ähnlich wie bei *Ascaris dentata* Embryonalzellen auftreten, die denselben völlig erfüllten, oder absorbirt haben, wenn man so will — beruhte weniger auf Beobachtung, als auf theoretischen Vorstellungen über Zellbildung überhaupt und einer unstatthaften Verallgemeinerung der bei *Ascaris dentata* erhaltenen Resultate. Ich brauche hier um so weniger auf eine Widerlegung der Kölliker'schen Auffassung einzugehen, als schon Claparède (7; p. 87 und nach ihm schon früher Gabriel)*) die völlige Uebereinstimmung des Furchungsprocesses unseres Thieres mit dem gleichen Vorgang der meisten übrigen Nematoden trefflich nachwies.

Aus Kölliker's Fig. 32, Taf. VII glaube ich jedoch auch ziemlich deutlich zu erkennen, was ihn hauptsächlich in der falschen Auffassung bestärkt hat; diese Figur stellt nämlich ein Ei dar, das 4 Furchungskugeln, jede mit 2 in der Entwicklung begriffenen Embryonalzellen, enthält. Diese Embryonalzellen können nun nichts anderes als Kerne sein, während die dunklen, kleinen Körperchen, die Kölliker als die Kerne auffasste, verschrumpfter Kerninhalt sein müssen; Kölliker hat also die eigentlichen Kerne meist nicht gesehen (was bei der Untersuchung der Eier in Wasser auch natürlich ist), und da er sie einige Male dennoch in mehrfacher Anzahl in einer Furchungskugel sah, hielt er sie für sich entwickelnde Embryonalzellen.

Die Richtungsbläschen des Nematodeneies sind wohl zum ersten Mal von Reichert bei *Strongylus auricularis* (9; Taf. IX. Fig. 5—11) gesehen worden; bei demselben Object erwähnt sie auch neuerdings wieder Auerbach, indem er hervorhebt, dass sie stets im schmäleren Eipol liegen (18; p. 196). Sie hatten seit Reichert's Entdeckung nicht viel Beachtung gefunden. Claparède (7; p. 78) will ein Richtungskörperchen bei *Ascaris suilla* (*lumbricoides*) gefunden haben, jedoch nicht regelmässig und nur bei unbefruchteten Eiern. Schneider (10; p. 285) macht die Bemerkung: »in dieser Flüssigkeit« — *Liquor vitelli* — »findet man, namentlich leicht an dünnschaligen Eiern ein scharf contourirtes Körperchen, welches gewiss zu den vor und bei dem Furchungsprocess so vieler Thiere auftretenden Richtungsbläschen gehören wird.« Neuerdings hat Villot (105) das Richtungsbläschen bei *Gordius* beobachtet.

Was sich nach dem Verschwinden des Keimbläschens ereigne, ja über dessen Verschwinden oder Persistenz waren die verschiedenen Beobachter bekanntlich sehr verschiedener Meinung.

*) Gabriel, De cucullani elegantis evolutione, Berolini 1853, ist mir unzugänglich geblieben.

Pagenstecher lässt es bei *Trichina* direct durch Theilung in die Kerne der Furchungskugeln übergehen, auch Leuckart (11) glaubt sich davon überzeugt zu haben, dass es bei *Oxyuris*-Arten, deren lichte Eier eine gute Beobachtung gestatten, persistire.

Ich glaube kaum nöthig zu haben, besonders hervorzuheben, dass bei derartigen, fundamentalen Vorgängen ein so verschiedenes Verhalten nach allen unseren Erfahrungen den höchsten Grad von Unwahrscheinlichkeit besitzt. Wird das Keimbläschen, wie jetzt bei Mollusken, Würmern und Wirbelthieren nachgewiesen ist, ausgestossen, so geschieht ähnliches wohl allerwärts, wenn sich auch im Einzelnen bedeutsame Modificationen dieses Vorgangs zeigen mögen.

Das Keimbläschen wird also auch bei den Nematoden entfernt und diejenigen Forscher, welche das Gegentheil hievon gesehen haben wollen, wurden höchst wahrscheinlich dadurch getäuscht, dass sie zwischen Keimbläschen und dem Kern der ersten Furchungskugel nicht scharf unterschieden*). Bei *Filaria papillosa* fand Schneider (10; p. 284) nach dem Verschwinden des Keimbläschens in dem Dotter eine Gruppe scharf contourirter Kügelchen und fragt, ob dies vielleicht Reste des Keimbläschens oder Samens seien. Wahrscheinlich sah er die aus dunklen Stäbchen bestehende Kernplatte des, vor seiner Ausstossung zu einer Kernspindel modificirten Keimbläschens.

Ueber die Neubildung der Kerne der ersten Furchungskugel liegt eine sehr wichtige Beobachtung Schneider's vor, die ich beim Niederschreiben meiner vorläufigen Mittheilung leider übersah. Derselbe sagt (10; p. 290): »Wie die ersten Kerne entstehen, ob das Keimbläschen wieder erscheint und sich theilt, oder ob die zwei Kerne sich neu bilden, liess sich nie entscheiden. Die Furchung kann auch erst dann eintreten, wenn sich bereits vier bis acht, ja wohl auch noch mehr Kerne gebildet haben, wie ich dies bei *Cucullanus elegans*, *Filaria papillosa* und einer Enoplus-Art« — wahrscheinlich ein *Dorylaimus* — »des Süsswassers beobachtete.« Er glaubt, dass sich dadurch die Erscheinung, dass der Dotter zuerst in zwei ungleiche Segmente zerfalle, erkläre. Ferner spricht er auch schon (p. 289) die Meinung aus, dass die Kölliker'sche Schilderung (8) der ersten Entwicklungsvorgänge von *Ascaris dentata* (und *Oxyuris ambigua*) sich wahrscheinlich durch das erwähnte Auftreten mehrerer Kerne in der ersten Furchungskugel erkläre, welche Kerne Kölliker, zum Theile verleitet durch die fälschlich angenommene Homologie derselben und der Theilungsproducte des sogenannten

*) Auf diese Weise erklärt sich ohne Zweifel auch die Angabe Greeff's (106; p. 89), dass sich das Keimbläschen bei gewissen frei lebenden Nematoden ohne Betheiligung des Dotters theile. Er hat das Verschwinden, resp. die Ausstossung des Keimbläschens übersehen und die beiden neu entstandenen Kerne für Theilproducte des Keimbläschens gehalten.

Keimbläschens der Cestoden und Trematoden, für Embryonalzellen erklärte, die sich schliesslich innerhalb des Dotters so vermehren sollten, dass sie denselben am Ende ganz verdrängten.

Auch ich hatte schon in meiner vorläufigen Mittheilung darauf hingewiesen, dass ich diese Kölliker'sche Darstellung der Verhältnisse bei *Ascaris dentata* am liebsten in der angegeben Weise erklären möchte, jedoch war ich dadurch zweifelhaft geworden, dass Willemoes-Suhm (12) einen ganz entsprechenden Vorgang von den Eiern der *Ichthyonema globiceps* beschrieb.

Bei nochmaliger Ueberlegung stiess ich jedoch auf einen Umstand, der es mir sehr wahrscheinlich machte, dass sowohl Schneider wie ich bei dieser Deutung ganz im Recht waren. Kölliker beschreibt nämlich sehr bestimmt das Schwinden des ursprünglichen Keimbläschens im Ei von *Asc. dentata*; wäre nun dieses Keimbläschen wirklich ein Homologon der Eizelle der Cestoden und Trematoden, wie Willemoes-Suhm will, so bliebe sein Verschwinden ganz unverständlich. Uebrigens ist auch zwischen der Kölliker'schen Figur 10, Taf. VI, die ein Ei mit 8 kleinen Embryonalzellen (Kernen?) innerhalb des Dotters darstellt, und der folgenden Figur 11, die innerhalb der Dotterhaut einen Haufen kleiner Furchungskugeln zeigt, ein so grosser Abstand, dass ich an eine hier vorliegende Beobachtungslücke glauben muss, die Kölliker, da er die Entwicklungsstadien der Kerne innerhalb der ersten Furchungskugel fälschlich in verkehrter Reihe aufeinander folgen liess, durch eine unrichtige Annahme ausfüllte *)

Obgleich nun Schneider, wie erwähnt, das Vorkommen mehrerer Kerne in der ersten Furchungskugel bekannt war, so war dies doch keineswegs der Fall hinsichtlich des Schicksals derselben, nämlich ihrer Verschmelzung zu einem einzigen, sondern er glaubte, dass diese Kerne direct in die Furchungskugeln übergingen. Ebensowenig war seither etwas von der Metamorphose des Kernes während der Theilung und der Neubildung der Kerne in den Furchungskugeln zweiter und späterer Generation bekannt.

Auf die seitherigen Deutungen des Kerntheilungsprocesses bei den Nematoden komme ich jedoch später bei Gelegenheit einer allgemeinen Betrachtung zurück.

Ueber die äusserlichen Verhältnisse der Furchung bei *Cucullanus elegans* macht E. van Beneden noch folgende Bemerkung (13; p. 107):

> »D'un autre côté, on n'observe guère, dans la disposition des premières cellules embryonaires du cucullanus, cette régularité si remarquable, qui se manifeste dans la disposition des globes vitellins, quand un vrai fractionnement se produit.«

---

*) Immerhin bleibt zu wünschen, dass diese nun schon seit 1843 durch alle einschlägigen Schriften geschleppte besondere Art der Entwicklung des *Asc. dentata* endlich einmal durch eine Nachuntersuchung aufgeklärt würde. Die den *Asc. dentata* beherbergenden Aeschen (*Salmo thymallus*) sollen in Zürich so leicht zu beschaffen sein, dass für einen an Ort und Stelle befindlichen Zoologen die Untersuchung keine Schwierigkeit haben kann.

Hiergegen muss ich bemerken, dass die Furchung der Eier von *Cucullanus* ganz ebenso regelmässig vor sich geht als bei anderen Nematoden, so dass eine ganz regelmässige, gesetzmässige Anordnung der Furchungskugeln sich noch dann erkennen lässt, wenn die Furchung schon weit fortgeschritten ist, wie ich dies schon anderwärts gezeigt habe (l. c.).

E. van Beneden wurde zu dem oben citirten Ausspruch wahrscheinlich durch schlechte Präparate (vergl. seine Abbildungen Taf. VI.) und dann durch das Bestreben, in der Theilung der Eizelle von *Cucullanus* etwas anderes zu sehen als die wahre Furchung, die er auf die mit Nahrungsdotter versehenen Eier beschränkt, verleitet. Dieser von v. Beneden gemachte Unterschied zwischen der eigentlichen Furchung der Eier mit Nahrungsdotter (Dentoplasma) und der ohne solchen, wie z. B. *Cucullanus*, ist jedoch völlig unhaltbar, da er sich auf keinen einzigen Unterschied in dem Wesen der Vorgänge selbst gründet, sondern nur auf materielle Unterschiede des ursprünglichen Protoplasma's der Eizelle und allenfalls noch auf eine früher oder später im Laufe der Entwicklung eintretende Scheidung zwischen sogenanntem Bildungs- und Nahrungsdotter. Es ist hier nicht der Ort auf die Vorstellung, die man sich von der Furchung der sogenannten meroblastischen Eier und namentlich ihrem Anschluss an die entsprechenden Vorgänge der holoblastischen Eier machen kann, näher einzugehen; doch werde ich an geeigneter Stelle hierauf zurückkommen.

C. Vorgänge bei *Tylenchus imperfectus* Btschli., *Anguillula rigida* Schnd., *Rhabditis dolichura* Schnd. und mehreren Arten der Gattung *Diplogaster*.

Taf. II.

Die auffallende Thatsache, welche mir während meiner Arbeiten über die freilebenden Nematoden 1871—1872 bei der Untersuchung der ersten Entwicklung der Eier von *Rhabditis dolichura* aufstiess (14; p. 101), bildete eigentlich den Ausgangspunkt der hier besprochenen Untersuchungen, die ich im Sommer 1874 wieder aufnahm.

Das Erste, was mir nun bei erneuter Untersuchung zu constatiren gelang, war das nähere Verhalten, resp. der Untergang des Keimbläschens nach der Befruchtung. Die erste entscheidende Beobachtung hinsichtlich dieser Frage machte ich an der neu gefundenen, faulende Pilze bewohnenden Art *Tylenchus imperfectus*.*) Die Befruchtung liess sich hier leider nicht näher beobachten. Die reifen Eier sind von recht ansehnlicher Grösse und bestehen aus einem gleichmässig feinkörnigen Dotter, der ein ziemlich grosses Keimbläschen, mit dunklem, ansehnlichem

*) Vergl. das Nähere über diese Art in meiner Abhandlung: „Untersuchungen über freilebende Nematoden und die Gattung *Chaetonotus*," Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 26, p. 363.

Keimfleck einschliesst. Kurz nach dem Uebertritt der Eier in den Uterus werden die Umrisse des Keimbläschens undeutlich und der Keimfleck verschwindet. Gleichzeitig sieht man das Keimbläschen, das sich nur noch als heller Fleck markirt, sich nach der Oberfläche des Dotters im Aequator langsam hinschieben, während der Dotter selbst amöboide Bewegungen ausführt. Plötzlich bemerkt man, dass sich die Oberfläche des Dotters an der Stelle, wo der Keimbläschenfleck sich derselben nähert, grubenförmig etwas einsenkt (Fig. 1). In dieser Grube tritt der Keimbläschenfleck schliesslich in die Oberfläche des Dotters ein und in diesem Moment (Fig. 2) sieht man wie, gewissermassen aus dem Keimbläschenfleck heraus, ein mattes, dunkles Körperchen in die Grube des Dotters eintritt. Nachdem der helle Fleck des Keimbläschens so eine kurze Zeit an der Oberfläche des Dotters verweilt hat, sinkt er wieder in denselben zurück und wird sehr undeutlich*). Nach Verlauf kurzer Zeit taucht nun im Centrum des Dotters der erste Furchungskern auf, erhält jedoch keinen Keimfleck. Die Theilung tritt jetzt sehr rasch ein und der Kern wird hierbei so undeutlich, dass es mir nicht gelang, sein Verhalten näher zu ermitteln.

Bei diesem Vorgang scheint mir nun noch von Bedeutung, dass hier der Kern der ersten Furchungskugel nicht aus der Verschmelzung zweier gesondert entstehender Kerne hervorgeht, insoweit eben am lebenden Ei ein Einblick in diese Verhältnisse gestattet war. Bei den übrigen von mir jedoch untersuchten Arten findet sich überall die früherhin schon von *Rhabditis dolichura* beschriebene Art der Kernneubildung.

Ich schildere hier zunächst den Vorgang der Befruchtung, wie ich denselben bei *Anguillula* (*Leptodera* Schn., *Cephalobus* mh.) *rigida* Schn. mit sehr grosser Deutlichkeit zu beobachten Gelegenheit hatte. Die reifen Eierstockseier sind ziemlich gleichmässig und dicht feinkörnig und von den sonst bei verwandten Arten zu beobachtenden, hellen Dotterbläschen findet sich hier nichts. Der Keimfleck ist in den noch nicht reifen Eiern sehr deutlich, in den reifen schwindet er hingegen und das Keimbläschen erscheint ganz gleichmässig hell. Der Austritt eines reifen Eies in die Ausführwege erfolgt bei auf der Höhe ihrer Entwicklung stehenden Thieren etwa in jeder viertel bis halben Stunde einmal. Das Ei schiebt sich, durch die Enge der Röhre

*) Die schon aus dem Jahr 1848 herrührende Schilderung Lovén's vom Austreten des Keimflecks aus dem Dotter mehrerer Muscheln, namentlich *Modiolaria* (Crenella) *marmorata* und ähnliche später von Koren und Danielssen an den Eiern von Seeschnecken angestellte Beobachtungen, stimmen in allen wesentlichen Punkten mit den oben geschilderten Befunden bei *Tylenchus* überein. Die genannten Forscher wurden in gleicher Weise und durch dieselben Umstände, wie auch ich anfänglich, verleitet, den austretenden Körper für den Keimfleck zu halten. Vergl. Loven, Die Entwicklung der kopflosen Mollusken. Uebersetzt v. Peters im Arch. f. Anat. u. Physiol. 1848, p. 531 und Koren u. Danielssen, Beitr. z. Entwicklungsgesch. der Kammkiemer. Uebers. v. Troschel im Arch. f. Naturgeschichte. 1853. Bd. 1.

lang ausgezogen, nach der Samenblase hin, die dicht mit den hier sehr ansehnlichen Spermatozoën erfüllt ist.

Sobald das Ei bei seinem Eintritt in die Samenblase das erste Spermatozoon berührt, schmilzt es mit diesem zusammen und, weiter vorbeirückend, zieht es das Samenkörperchen mit sich, das nun mit der Oberfläche des Eies successive verschmilzt. Eine kurze Zeit nach dieser Vereinigung bleibt die Verschmelzungsstelle noch dadurch deutlich sichtbar, dass die dunkeln Körnchen des Spermatozoon sich durch ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen auszeichnen. Nach dem Eintritt des Eies in den Uterus ist jedoch keine Spur des Spermatozoon mehr zu entdecken.

Um diesen Befruchtungsprocess zu sehen, ist es nothwendig, dass man das dem Ovar zunächst befindliche Spermatozoon, auf welches das Ei auf seinem Wege zunächst treffen muss, bestimmt ins Auge fasst und nun den Durchtritt eines Eies abwartet. Verfährt man umgekehrt und fasst das Ei ins Auge, so wird man die Vereinigung schwerlich sehen. Nie habe ich die Vereinigung mit noch einem zweiten Spermatozoon wahrgenommen.

Nach dem Uebertritt des Eies in den Uterus, in dem sogleich die Bildung einer Schale beginnt, werden die Grenzen des Keimbläschens undeutlich und dasselbe rückt auch hier sehr bald gegen die Oberfläche des Dotters im Aequator an, die sich ihm entgegen zuweilen auch etwas einbuchtet. Schliesslich tritt es in die Oberfläche des Dotters ein. Jedenfalls wird nun auch hier in diesem Moment der Richtungskörper ausgetrieben, wenngleich ich dies bei dieser Art nicht beobachtete, indem wohl die Kleinheit des Objectes und andere Hindernisse die Beobachtung stören mögen. Dagegen sah ich etwas später ein kleines Richtungskörperchen der Dotteroberfläche im schmäleren Eipol, der der Vagina zugewendet ist, ankleben. Der nun in der Dotteroberfläche liegende Keimbläschenfleck wird manchmal auf derselben deutlich verschoben, bald jedoch scheint er sich mehr und mehr auf derselben auszubreiten, vom körnigen Dotter von innen her verdrängt werdend. Gleichzeitig sammelt sich an verschiedenen Stellen der Dotteroberfläche mehr oder weniger eines sehr hellen, körnerfreien Protoplasmas an und es schien mir, als wenn der Keimbläschenfleck sich mit diesem Protoplasma vereinigte. Ganz besonders reichlich tritt solch helles Protoplasma an den beiden Polen des Dotters auf (Fig. 5). Gleichzeitig ist der Dotter amöboid beweglich, womit die queren Runzeln in Zusammenhang stehen, die man den Dotter überziehend zu dieser Zeit gewöhnlich bemerkt.

Die Neubildung der Kerne beginnt nun in dem hellen Protoplasma der Dotterpole und zwar bildet sich zuerst in einem der Pole ein Kern und hierauf erst der des andern, jedoch scheint bald der eine, bald der andere Pol in Bezug hierauf den Anfang zu machen

Diese Kernneubildung macht den Eindruck, als wenn sich an einer Stelle das helle Protoplasma etwas mehr ansammelte und einen Vorsprung in dem angrenzenden körnigen Dotter bildete, welcher schliesslich von dem letzteren ganz umhüllt und von seiner Ursprungsstätte abgedrängt wird (Figg. 6 u. 7). Ist so der eine Kern gebildet, so rückt er durch den körnigen Dotter dem Centrum zu, ändert seine Lage jedoch häufig noch vielfach, und geht auch nicht selten über das Centrum hinaus, in den andern Pol hinein. Während dessen hat sich in derselben Weise die Bildung eines zweiten Kernes im entgegengesetzten Pol vollzogen. Sind nun in dieser Weise die beiden neuen Kerne gebildet, so rücken sie meist in gerader Richtung auf einander zu und vereinigen sich im Centrum des Dotters, indem sie sich dicht zusammenlegen. Lagen sie sich jedoch, wie in Fig. 7, schon früher in einem der Pole näher, so werden sie von da gemeinsam nach dem Dottercentrum geschoben. Sie verweilen hier nun einige Zeit im Dottercentrum neben einander, wobei ihre Contouren sehr scharf werden; schliesslich schieben sie sich über einander, so dass sie sich genau decken und verschmelzen.

Das helle Protoplasma an der Dotteroberfläche ist nun gänzlich geschwunden. Auf die Theilung gehe ich hier nicht weiter ein, da mir das Object in dieser Beziehung nichts Neues darbot und auch nicht sehr günstig zu sein schien.

Die von mir schon früher beobachtete *Rhabditis dolichura* Schnd. habe ich neuerdings wieder einige Male untersucht. Nach dem schon früher geschilderten Ausstossen der hellen Bläschen des Dotters, wonach derselbe ein feinkörniges, gleichmässiges Aussehen erlangt hat, sieht man auch hier noch den, an die Oberfläche des Dotters im Aequator herangerückten Keimbläschenfleck. Während nun helle protoplasmatische Masse an die Oberfläche des Dotters tritt, verschwindet dieser Fleck; jedoch sah ich mehrfach an der Stelle, wo er in der Dotteroberfläche verschwand, das Richtungsbläschen liegen, welches jedoch hierauf, wahrscheinlich in Folge der zu dieser Zeit sehr lebhaften amöboiden Dotterbewegungen, nach dem Vaginalpol verschoben wurde. Nach kurzer Zeit verschwindet nun die helle protoplasmatische Masse von der Oberfläche des Dotters und derselbe wird wieder mehr oder weniger gleichmässig körnig. Nun entstehen die neuen Kerne und zwar der eine immer in dem der Vagina zugewendeten Dotterpol, der andere wurde mehrfach zuerst im Aequator deutlich. Einmal sah ich sie beide gleichzeitig und dicht neben einander im Vaginapol entstehen; nach ihrem Entstehen trennten sie sich dann auf kurzer Zeit wieder, um sich schliesslich zu vereinigen und nach dem Centrum des Dotters zu rücken. Fernerhin stiess ich bei dieser Gelegenheit einmal auf ein Ei, in dem sich nicht wie gewöhnlich nur zwei, sondern drei neue Kerne bildeten, welche sich in derselben Weise wie die beiden gewöhnlichen im Centrum des Dotters vereinigten.

Bei mehreren Arten der Gattung *Diplogaster*, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fielen mir namentlich die ganz exquisiten amöboiden Bewegungen des Dotters während der Kernbildung und bis zur Theilung hin auf. Manchmal glaubte man, ein schon in der Furchung weit vorgerücktes Stadium vor sich zu haben, denn der Dotter hatte ein völlig maulbeerförmiges, von tiefen Furchen auf seiner Oberfläche herrühendes Aussehen; dennoch zeigte sich bei näherer Betrachtung, dass man es nur mit sehr energischen, amöboiden Formveränderungen eines einfachen Dotters zu thun hatte (s. Figg. 10—12). Natürlich sieht man diese lebhaften Bewegungen des Dotters nur an nicht gepressten Eiern deutlich.

Auch hier bilden sich nach dem Austritt des Keimbläschens zwei neue Kerne, jedoch auch hier nicht in den entgegengesetzten Polen, sondern entweder beide in einem Pol oder der eine an der langen Seite des Dotters, der andere im Pol. Ihre Vereinigung sah ich mehrfach weit vom Centrum des Dotters vor sich gehen. Nachdem sich die beiden Kerne vereinigt haben, erlischt die lebhafte Bewegung des Dotters allmälig, dagegen dauern hin- und herwogende Strömungen in demselben noch an, ja dieselben scheinen selbst während der Theilung nicht zu erlöschen.

Fig. 12 zeigt die schon verschmolzenen Kerne, welche schon eine Streckung erfahren haben, jedoch eigenthümlicher Weise sich noch nicht im Centrum des Dotters befinden und auch mit ihrer verlängerten Axe quer zur Längsaxe des Dotters stehen. Bald jedoch wurde diese Abnormität ausgeglichen und der Kern ins Centrum des Dotters geschoben, sowie auch seine Längsaxe in die des Dotters eingerichtet.

Auch bei *Rhabditis dolichura* habe ich beobachtet, dass selbst während der Theilung, wenn die beiden Strahlensysteme entstanden sind, dennoch die Strömungen im Dotter nicht völlig sistiren, sondern ich sah längs der Peripherie der sogar schon zum Theil abgeschnürten Furchungskugeln ziemlich lebhafte Strömungen nach der Trennungsfurche hineilen.

Als Beispiele einer rapiden amöboiden Beweglichkeit des Dotters nach dem Verschwinden des Keimbläschens will ich hier noch die Eier des grossen *Tylenchus pellucidus* Bast. erwähnen. In welcher Weise hier das Keimbläschen sich den Blicken des Beobachters entzieht, habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können. In Figg. 16–21 habe ich 6 Formen, die der Dotter nach einander in dem kurzen Zeitraume von 5 Minuten angenommen hatte, wiedergegeben. Der Dotter ist während dieser Periode der lebhaften Beweglichkeit ganz gleichmässig feinkörnig, ohne Spur einer hyalinen Zone; auch die Fortsätze sind in gleicher Weise nur von körnigem Protoplasma gebildet. Diese lebhaften amöboiden Bewegungen erloschen und dafür entsprangen der Dotteroberfläche eine grosse Anzahl kleiner, stumpfer Fortsätze, welche ihr ein ganz traubiges Ansehen verliehen. Einige Stunden später war ein centraler Kern sichtbar und erst nach

Verlauf 6 weiterer Stunden fand ich den Dotter zu zwei Kugeln zerfallen. Bei dieser Art beträgt die Zeit von der Eiablage bis zum Eintritt der ersten Furchung ungefähr 24 Stunden, während die gleichen Processe bei den vorhergenannten kleinen Nematoden höchstens $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde in Anspruch nehmen.

In Figg. 22—24 habe ich einige Eier des *Oxyuris Diesingii* (aus *Blatta orientalis*) abgebildet. Der ganz contrahirte Dotter (Fig. 22) zeigt nämlich gleichfalls amöboide Bewegungen, jedoch von viel langsamerer und plumperer Art, als das vorhin beschriebene Object. Dagegen verhält sich der Dotter hier völlig wie eine Amöbe, die stumpfen, breiten Fortsätze, welche er aussendet, werden nämlich von völlig hellem, körnerfreiem Protoplasma gebildet (Fig. 22). Ist der Dotter dieser Eier etwa bis zur Hälfte seiner Condension gelangt, so häuft sich an einem seiner Pole helles Protoplasma in ziemlicher Menge an und in diesem sieht man das Keimbläschen erscheinen, das auch zuweilen noch einen deutlichen Rest des Keimfleckes erkennen liess. Seine weiteren Schicksale liessen sich an diesen zur Untersuchung derartiger Vorgänge sehr ungeeigneten Eiern nicht entziffern.

Bekanntlich entbrannte in den fünfziger Jahren ein sehr lebhafter Streit über die Befruchtung der Nematoden, dem wir es vornehmlich zu verdanken haben, dass unsere Kenntnisse der Geschlechtsorgane dieser Thiere sich so befriedigend klärten. Dieser Streit, welcher namentlich zwischen Nelson, Meissner, Bischoff, Thompson und späterhin noch Claparède und Munk geführt wurde, endete schliesslich ziemlich unbefriedigend. Claparède hat eine sehr lichtvolle Darstellung dieses wissenschaftlichen Tourniers in seiner bekannten Arbeit »Sur la formation et la fécondation des oeufs chez les vers nématodes« (7) gegeben. Das schliessliche Resultat seiner Untersuchungen, sowie derjenigen Munk's, war die Nichtbestätigung des von Nelson und Meissner behaupteten Eindringens der Spermatozoën in den Dotter. Schneider (10; p. 282) und Leuckart (11; p. 85) haben hingegen später wieder das Eindringen bestätigen zu müssen geglaubt, obgleich es mir zweifelhaft erscheint, ob ihre einschlägigen Deutungen die richtigen sind.

Ihre Beobachtungen beziehen sich auf Ascariden (*megalocephala* und *lumbricoides*), wo die Spermatozoën bekanntlich in den weiblichen Geschlechtsorganen sehr eigenthümliche kegelartige Bildungen darstellen. Derartige Kegelchen nun sind es, welche die genannten beiden Forscher innerhalb des Dotters beobachtet haben wollen. Ich kann jedoch kaum glauben, dass diese Formation der Spermatozoën sich nach der wohl sehr rasch verlaufenden Vereinigung mit der Eizelle noch erhalte und deshalb erscheint mir die Deutung

jener, dem Dotter aufsitzenden oder scheinbar in denselben eingedrungenen Spermatozoën sehr unsicher *).

Es dürfte also der oben von mir erbrachte Nachweis der völligen Verschmelzung der Eier von *Anguillula rigida* mit je einem Spermatozoon und der Vereinigung des Spermatozoon von *Cucullanus* mit dem Dotter, nicht ganz ungeeignet sein, den immer noch von mancher Seite bezweifelten Vorgang der Befruchtung zu klären.

Mit dem Nachweis des Eindringens der Spermatozoën in die den Dotter umgebende Eiflüssigkeit, der ja fast durch das ganze Thierreich hindurch geführt ist, ist ja noch keineswegs die Frage nach der wirklichen Vereinigung der Spermatozoën mit der Eizelle entschieden, und wenn sich die, bei *Anguillula* und *Cucullanus* gefundne Thatsache: dass die Vereinigung mit einem einzigen Spermatozoon die Regel ist, noch weiter verbreitet finden sollte, so würde dieser Umstand die Schwierigkeit der Beobachtung dieser Verschmelzung bei Eiern von einiger Grösse hinreichend erläutern.

Es fragt sich nun, welche Deutung ich den Beobachtungen über das Verschwinden des Keimbläschens bei den Eiern der untersuchten kleinen, freilebenden Nematoden geben muss. Die Untersuchungsobjecte sind sehr klein, was seine Vortheile, aber auch seine Nachtheile mit sich führt. Das Aussehen des aus dem Dotter an der Stelle, wo der helle, durch Veränderung des Keimbläschens hervorgegangene Fleck an dessen Oberfläche tritt, hervorgeschobnen Körperchens veranlasste mich in meiner vorläufigen Mittheilung (15) in ihm den Keimfleck zu vermuthen.

Seine Kleinheit macht hier eine nähere Erkenntniss seines Baues im Moment des Ausstossens unmöglich, ebensowenig liess sich die etwa in dem Keimbläschen beim Undeutlichwerden seiner Ränder vor sich gehende Umwandlung erfassen. Nach den Erfahrungen, die wir jedoch bei *Nephelis* und *Cucullanus* machten, dürfte es keinem Zweifel unterliegen, dass wir in dem, von mir oben als Keimbläschenfleck bezeichneten Umwandlungsproduct des Keimbläschens, dasselbe Gebilde vor uns haben, welches wir in dem spindelförmig modificirten Eikern des Nephelis-Eies fanden, zusammen mit den beiden Centralhöfen der sich um dessen Enden findenden Strahlungen, welche sich auch hier bei genaueren Beobachtungen wohl noch auffinden lassen werden. Tritt nun der Keimbläschenfleck in die Oberfläche des Eies ein, so wird das in ihm liegende, metamorphosirte Keimbläschen als Richtungsbläschen eliminirt, die

*) Es wird aus meiner ganzen Darstellung schon ersichtlich sein, dass ich mit Munk, Claparède und Leuckart an den von mir beobachteten unbefruchteten Eiern keine Dotterhaut und daher auch keine Mikropyle finde.

hellen Centralhöfe dagegen persistiren noch einige Zeit an der Dotteroberfläche, indem sie zu der irrigen Ansicht, als bleibe das Keimbläschen selbst erhalten und es trete nur ein Körper aus ihm und dem Dotter hinaus, Veranlassung gaben. Bei dieser Deutung, die ich für die einzig mögliche halte, wodurch meine sämmtlichen Beobachtungen über die Ausstossung des Keimbläschens bei Würmern und Schnecken in Einklang gebracht werden, darf uns die beträchtliche Reduction, welche das Volumen des Keimbläschens bei der Metamorphose zum Richtungskörper erfährt, nicht stören. Wir finden das Gleiche bei allen bisher untersuchten Eiern und werden uns späterhin, namentlich bei den Infusorien, überzeugen, dass Volumensänderungen der Kerne in dem grössten Masstab und der verschiedensten Richtung stattfinden können.

Auf einen Vergleich der von mir gemachten Beobachtungen über die ersten Entwicklungsprocesse in den Eiern der Nematoden mit den Auerbach'schen Befunden werde ich bei Gelegenheit einer allgemeinen Besprechung der von mir und Anderen erhaltenen Resultate zurückkommen.

D. Die Vorgänge bei Gastropoden (*Limnaeus auricularis* Drp. und *Succinea Pfeifferi* Rssmslr.)

Taf. IV.

Die Eier der genannten beiden Schnecken untersuchte ich zuerst nach den wiederholten Beobachtungen der kleinen freilebenden Nematoden.*) Da mir damals die Kernmetamorphose noch nicht bekannt war und es mir auch bei diesen Objecten nur theilweise gelang, derselben ansichtig zu werden, so sind diese Beobachtungen hinsichtlich des Theilungsprocesses der Furchungskerne und einiger anderer Punkte etwas mangelhaft geblieben. An der Hand der Beobachtungen bei *Nephelis* und *Cucullanus* wird es jedoch gelingen, für die gesehenen Bilder die richtigen Deutungen zu finden und dadurch die nahezu völlige Uebereinstimmung der Vorgänge mit den früher geschilderten festzustellen.

Untersucht man die Eier von *Limnaeus* und *Succinea* gleich nachdem sie gelegt wurden, so findet man, dass der Dotter auch hier wie bei *Nephelis* nicht ganz sphärisch ist, sondern in einem Durchmesser abgeplattet erscheint (Fig. 1). Der eine der auf diese Weise bestimmten Dotterpole zeichnet sich fernerhin noch dadurch aus, dass er spitzer emporgewölbt ist und von hellem, körnerfreiem Protoplasma gebildet wird. In der kürzeren Axe des Dotters trifft man nun, einmal etwa in dem Centrum desselben, dann ferner, etwa in der Mitte zwischen diesem

---

*) Die Untersuchung der Schneckeneier, sowie der von *Nephelis* wurde nach 1—2stündigem Verweilen derselben in 2% Essigsäure vorgenommen.

und dem hellen Pol, je ein Strahlungssystem mit centralen Hof. Ferner sah ich, dass sich von einem zu dem andern Hof feine Fasern hinzogen. Vergleicht man nun dieses Stadium (Fig. 1) mit dem früher geschilderten ersten Stadium von *Nephelis* (Taf. I. Fig. 1), so wird die völlige Uebereinstimmung derselben hinreichend klar werden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch hier zwischen den Centralhöfen der beiden Strahlungssysteme sich der spindelförmig metamorphosirte und gestreifte Eikern befindet, dessen Streifung ich gesehen hatte, ohne dass mir die Bedeutung derselben völlig klar geworden war. Dass sich dies nun so verhält, folgt auch aus den ferneren Fortschritten. Auch hier rücken die beiden Strahlensysteme, sammt der zwischen ihnen sich hinziehenden Streifung, dem vorgewölbten Pole des Dotters näher, bis schliesslich das demselben nähere in die Oberfläche des Dotters an diesem Pole selbst hineinrückt (Fig. 2). Bald hierauf beginnt denn auch ein Richtungsbläschen zwischen dieser polaren Strahlung wie bei *Nephelis* hervorzutreten (Fig. 3, 4 u. 5). Man bemerkt an ihm nun folgende, uns schon von anderwärts her bekannte Structur. — Innerhalb des, mittels eines Stielchens gewöhnlich scheinbar der Dotteroberfläche aufsitzenden Bläschens liegt eine Scheibe dunkler, glänzender Körner, die sich gewöhnlich, da man meist auf ihren Rand sieht, als eine Körnerlinie darstellt. Von diesen Körnern entspringen zarte Fasern, welche sich durch das Stielchen hindurch ein Stück weit in den Dotter hinein verfolgen lassen und bei günstigen Objecten gelingt es, dieselben bis zu einer zweiten, im Dotter noch eingeschlossenen Körnerscheibe zu verfolgen. Mehrfach sah ich jedoch deutlich auch das Stielchen des schon hervorgeschobenen Richtungsbläschens selbst, sich noch in den Dotter hinein fortsetzen und um die innere Körnerscheibe ein ähnliches Bläschen formiren, wie das schon ausgestossene. Es liess sich also das noch auszustossende zweite Richtungsbläschen mit hinreichender Sicherheit innerhalb des Dotters constatiren.

Um dieses noch innerhalb des Dotters befindliche Richtungsbläschen bemerkt man auch noch mit Deutlichkeit die radiäre Strahlung, doch muss ich gestehen, dass ich in Bezug auf das Verbleiben der beiden ursprünglichen Strahlungssysteme bei diesen Eiern nicht gänzlich ins Klare kam, weil ich die sich hier abspielenden Vorgänge noch nicht völlig begriff. Mehrfach beobachtete ich zu einer Zeit, da das erste Richtungsbläschen schon ausgestossen war, noch ein zweites Strahlungssystem im Centrum des Dotters (Fig. 4), ohne mir jedoch darüber völlig Rechenschaft geben zu können, ob dies wie bei *Nephelis* ein neugebildetes oder ob es eines der beiden früheren Systeme sei, was mir sehr unwahrscheinlich dünkt.

An dem Dotterpol, der das Richtungsbläschen hat austreten lassen, zeigte sich, wie bemerkt, auch in früherer Zeit schon eine Ansammlung hellen, körnerfreien Protoplasmas, jetzt,

nach dem Austritt des ersten Richtungsbläschens, sehe ich mit vieler Deutlichkeit und bei fast sämmtlichen Eiern, die ich in dieser Hinsicht untersuchte, in diesen Pol eine hellere und sehr feinkörnige Protoplasmamasse eingesenkt, welche sich mit einer scharfen, aber sehr schwach markirten Grenze gegen den übrigen Dotter absetzte. Auf die Constatirung dieses Verhältnisses habe ich sehr viele Mühe verwandt, da ich, wie schon erwähnt, ursprünglich an dem Gedanken festhielt, dass die Richtungsbläschen den Keimfleck repräsentirten und in dieser hellen Masse die Reste des an die Oberfläche getretenen Keimbläschens vermuthete. Hierauf gründete sich denn auch die in der vorläufigen Mittheilung (15) ausgesprochene Ansicht, dass sich ein Rest des Keimbläschens in erkennbarer Form erhalte. Manchmal sah ich die schon erwähnte Strahlung um das noch im Dotter eingeschlossene zweite Richtungsbläschen an der Grenze dieses hellen Protoplasmas endigen (Fig. 3, 5, 17). —

Ein weiteres Stadium (Fig. 6) zeigt uns nun auch das zweite Richtungsbläschen aus dem Dotter hinausgeschoben, wo es in einer Einsenkung der Dotteroberfläche sitzen bleibt.

Dicht unterhalb dieser Stelle zeigen sich jedoch nun bei *Limnaeus* eine ganze Anzahl, bis zu 9 und vielleicht manchmal noch mehr neu gebildeter, kleiner Kernchen, dicht zusammenliegend Jedes derselben besitzt eine deutliche, dunkle Hülle, einen hellen, jedenfalls flüssigen Inhalt und innerlich einige wenige, dunkle Körperchen oder Kreischen mit hellerer Mitte. Diese Körperchen hängen jedenfalls der Hülle dicht an. Ausserdem bemerkt man noch ein eigenthümliches Verhalten der Richtungskörperchen; dieselben zeigen häufig noch sehr deutlich die schon erwähnte Structur, nämlich die beiden Körnerscheiben, sammt den sie verbindenden Fasern und dann sieht man, dass sich von dem dem Dotter aufsitzenden Bläschen einige feine Fasern in den Dotter hinein, zwischen die dort liegenden, neugebildeten Kernchen begeben (Fig. 6 u. 8). Eine Erklärung letzterer sehr eigenthümlichen Einrichtung vermag ich nicht zu geben.

Mit der Bildung der Kernchen steht nun gewiss unzweifelhaft das an ihrer Stelle befindliche helle Protoplasma in Verbindung, in welcher Weise jedoch, dies lässt sich vorerst nicht näher angeben.

Weitere Stadien zeigen nun ein successives Verschmelzen der Kernchen mit einander, so dass man später an ihrer Stelle grössere Kerne in einer geringeren Anzahl trifft, welche jedoch ganz genau den Bau der früheren kleinen Kerne wiederholen, mit der Ausnahme, dass je grösser die Kernchen werden, desto grösser auch die Zahl der in ihnen sich findenden, dunklen Körperchen ist. Schliesslich finden sich nur zwei grosse Kerne, die endlich auch zu einem grossen Kern mit einander verschmelzen, an welchem man häufig die Spuren des Hervorgehens aus zweien noch zu sehen Gelegenheit hat.

Bei *Succinea Pfeifferi* scheint sich der Vorgang der Kernneubildung etwas anders zu verhalten; auch hier findet sich unterhalb des ausgestossenen Richtungsbläschens die helle protoplasmatische Masse, in der ich auch im lebenden Ei zwei neue Kerne dicht neben einander aus kleinen Anfängen hervorwachsen sah. Andrerseits traf ich jedoch bei diesem Object auch auf Zustände, wo die beiden Kerne in weiter Entfernung von einander lagen (Fig. 15). Ob nun in solchen Fällen auch die Neubildung derselben an so weit von einander getrennten Stellen begann, wie ja an und für sich nicht unwahrscheinlich ist, oder ob sie nachträglich nur verschoben wurden, scheint mir fraglich. Uebrigens haben die Kerne hier ganz denselben Bau wie bei *Limnaeus*, doch beobachtete ich mehrfach, dass die Inhaltskörperchen sich im Centrum der Kerne zu einem Haufen zusammengedrängt hatten. Schliesslich erfolgt denn auch bei *Succinea* die Vereinigung zu einem Kern, wie für *Limnaeus* schon ausführlicher beschrieben wurde.

Die Theilung des so entstandenen Kernes der Furchungskugel erster Generation und damit auch die Theilung des Dotters, hebt nun in der Weise an, dass an zwei, sich diametral gegenüberliegenden Stellen des Kernes, welche die Axe der späteren Theilung bezeichnen, zwei ursprünglich noch kleine Strahlungssysteme in dem anfänglich noch sphärischen Dotter entstehen (Fig. 10). Jedes Strahlungssystem hat wiederum in seinem Centrum den bekannten hellen und homogenen Hof. Ein folgendes Stadium Fig. 11 zeigt uns nun auch den Kern schon sehr wesentlich verändert; er ist gänzlich streifig-faserig geworden und zwar laufen die Fasern in dem schon etwas spindelförmig gestalteten Kern in der bekannten Weise von dem einen Ende der Spindel zu dem andern. Anfänglich bemerkt man zwischen den Streifen des Kernes noch deutlich die dunklen Binnenkörperchen desselben (Fig. 11), bald jedoch verschwinden dieselben völlig (Fig. 12) und der Kern stellt nun eine längsgestreifte, zwischen den beiden Strahlensystemen liegende Spindel dar. —

Auf einem Stadium (Fig. 13), wo die Furchung senkrecht zu der Kernspindel unterhalb des Richtungsbläschens schon begonnen hatte, fand ich an der Kernspindel auch deutlich die äquatoriale Kernplatte, von schwachen dunkleren Verdickungen der Mitten der Spindelfasern gebildet. Die Kernspindel wird übrigens im weiteren Verlauf der Theilung sehr schwer sichtbar, obgleich ich nicht zweifle, dass sich jetzt, nachdem diese Vorgänge bei andern Objecten ganz sicher gestellt sind, auch hier bei erneuter Untersuchung dasselbe Verhalten mit Sicherheit ergeben wird.

Ich habe das Auseinanderrücken der beiden Kernplattenhälften hier nicht beobachtet und wende mich daher gleich zu einem Zustand, wo sich schon die ersten Anfänge der Kerne der

Furchungskugeln zweiter Generation finden, die sich ohne Zweifel auch hier durch Differenzirung der in die Enden der Kernspindel gerückten Hälften der Kernplatten bilden.

Hier sieht man nämlich mit grosser Deutlichkeit, dass die die beiden Tochterkerne verbindenden Fasern in der Mitte zwischen beiden zum Theil wieder zu dunkel-glänzenden, verdickten Partien angeschwollen sind, eine Eigenthümlichkeit, der wir in geringerem Maasse schon bei *Nephelis* begegneten und in welcher wir die Strasburger'sche Zellplatte wiederfinden müssen (Fig. 14 u. 19). Ich kenne bis jetzt unter den thierischen Objecten keines, welches diese Zellplatte so deutlich ausgeprägt zeigte, wie die beiden Schnecken. Gehen wir einen Schritt weiter, so finden wir die Tochterkerne schon mehr angewachsen, jedoch durch die Kernfasern noch in deutlicher Verbindung (Fig. 20), obgleich die Durchfurchung des Dotters schon völlig vollzogen zu sein scheint. Was aus der sogenannten Zellplatte geworden ist, liess sich nicht ermitteln, von ihr ist nichts mehr zu sehen.

In ihrem Bau stimmen die Kerne der Furchungskugeln zweiter Generation völlig mit denen der ersten überein.

Wenn, wie sich aus der voranstehenden Beschreibung ergibt, meine Untersuchungen der Vorgänge im Schneckenei, als die anfänglichen, auch nicht den Grad von Vollständigkeit und Sicherheit besitzen wie die späteren, so glaube ich doch, dass sich aus ihnen zweifellos die wesentlichste Uebereinstimmung der Vorgänge der Ausstossung des Eikerns und der Kerntheilung mit denen der früher beschriebnen Objecte ergeben. Es war daher auch gewiss nicht ungerechtfertigt, wenn ich zur Ergänzung der Lücken auf die Beobachtungen an anderen Objecten zurückgriff.

Eine ganz vorzügliche Arbeit über den Furchungsprocess von *Limnaeus* verdanken wir Warneck (110), auf welche ich leider erst aufmerksam wurde, als meine Untersuchungen schon beendigt waren. Fol hat (35; p. 26) die Beobachtungen dieses Forschers auch schon gebührend gewürdigt, jedoch meiner Ansicht nach zum Theil nicht richtig aufgefasst. Warneck hat noch frühere Entwicklungsstufen der Eier von *Limnaeus* und *Limax* beobachtet als ich; da fand sich im Centrum des Dotters ein ansehnlicher heller Fleck an Stelle des Keimbläschens, der jedoch keine Hülle besass, überhaupt auch in continuirlichem Zusammenhang mit der umgebenden Dottermasse stand. Dieser Fleck nun theilt sich in der Richtung des einen Dotterdurchmessers zu zweien, »es zeigt sich hier ein Furchungs- oder Theilungsprocess« (l. c. p. 117). Hierauf zieht sich der Fleck mit seinem Inhalt nach der Dotteroberfläche hin und erscheint dann dieser ein- oder angelagert in Gestalt eines mit seiner Spitze nach dem Dottercentrum schauenden Kegels. Es ist unrichtig referirt, wenn Fol angibt (l. c. p. 25): die eine Hälfte

des Flecks werde nach der Dotteroberfläche geschoben und trete als Richtungsbläschen aus, die andere dagegen bleibe im Centrum des Dotters. Wir sehen also, dass Warneck das veränderte in der Metamorphose begriffene Keimbläschen als hellen Fleck sah, dass er von ihm selbst nichts bemerkte, kann uns nicht erstaunen, wenn wir berücksichtigen, dass er auch bei jeder Theilung die Furchungskerne in eben solche helle Flecke übergeben lässt, also auch hier die Metamorphose des Kernes als einen Art Lösungsprocess desselben, wie später Auerbach auffasste.

In dem erwähnten hellen Fleck fand nun Warneck aber, nachdem derselbe, wie geschildert, an die Oberfläche des Eies gerückt war, zwei kugelförmige, zusammenhängende Körper (vergl. Taf. II. Fig. 6a), so dass es mir sehr wahrscheinlich dünkt, dass es diesem trefflichen Beobachter gelang, das metamorphosirte Keimbläschen kurz vor seinem Austritte zu isoliren. Warneck betrachtet die erwähnten Körper als die durch eine Art Verdichtung neu entstandenen Kerne. Erst nachdem diese Körper in dem hellen Fleck sich gezeigt haben, tritt über dem Fleck an der Oberfläche des Dotters sehr helle Masse auf, die im optischen Durchschnitt eine Art sichelförmigen Streifens an der Oberfläche des Dotters bildet, und aus dieser Masse lässt Warneck die Richtungsbläschen (zuweilen 3) sich formiren, nicht jedoch durch Austritt einer Hälfte des hellen Flecks. Er spricht sich daher auch sehr entschieden dagegen aus: dass diese Bläschen »als *Vesicula Purkinji* oder als Ueberbleibsel derselben zu betrachten seien«. Der helle Fleck jedoch wird nach ihm wieder ganz zu dem Kern der ersten Furchungskugel und zwar sah er bei *Limax* sehr deutlich zwei Kerne entstehen (p. 125, Taf. IV. Figg. 10′ und 10″), die, wenn der Dotter sich zur Theilung anschickt und die Kerne undeutlich werden, indem sie ihre Hülle verlieren, zu einem gemeinsamen hellen Fleck sich vereinigen. Die Theilung der Kerne der Furchungskugeln ist jedenfalls so genau geschildert, als dies sich am lebenden Ei und mit schwächeren Vergrösserungen erreichen liess. Zunächst schwindet die Hülle, der Kern nimmt an Grösse ab und wird zu einem hellen Fleck; darauf streckt derselbe sich in die Länge und zerfällt schliesslich in zwei Theile; bei *Limax* hingegen auch in 3 (!), von welchen der mittlere in der Theilungsfurche der Dotterkugel bleibt, die äusseren hingegen in die Dotterkugeln selbst rücken (Taf. IV. Fig. 29a). Durch Verdichtung in diesen hellen Fecken entstehen alsdann die eigentlichen Kerne, die zuerst sehr klein auftreten und allmälig, wahrscheinlich auf Kosten des hellen Flecks, heranwachsen.

Ich habe kaum nöthig besonders hervorzuheben, wie sehr diese wichtigen Untersuchungen von Warneck in vielen Punkten mit den meinigen übereinstimmen, obgleich ich hinsichtlich der Frage nach den Richtungsbläschen sehr von ihm abweiche; aber gerade in seinen Beobachtungen finde ich neue Belege für die von mir oben vorgetragenen Anschauungen.

Eine sehr eingehende Schilderung der Richtungsbläschenbildung bei *Limnaeus* hat nach Untersuchungen am lebenden Ei Robin gegeben (19). Er glaubt jedoch bei den Gastropoden zwei, ihrer Natur nach ganz verschiedene Bläschen zu finden. Nach Bildung des ersten Bläschens — das selbst wieder in zwei Abschnitten sich bilden soll und zwar, wie die Richtungsbläschen (globules polaires) nach Robin überhaupt, durch Sprossung von der Oberfläche des Dotters — entsteht das zweite, welches ganz andrer Natur sein soll, da es wirklich aus dem Dotter hervorgeschoben werde, was man daran erkenne, dass es bei seinem Hervortreten die den Dotter überziehende, zarte Membran abhebe. Letzterwähnte Beobachtung muss ich bestätigen; man sieht wirklich wie das zweite Richtungsbläschen eine zarte Membran auf eine kurze Strecke von der Dotteroberfläche abgehoben hat. Ich glaube mich jedoch mehrfach überzeugt zu haben, dass dies auch für das zuerst ausgetretene Richtungsbläschen der Fall ist, welchem nur diese zarte Membran gewöhnlich dicht aufliegt (Fig. 4 u. 7). Was aber diese Membran selbst anlangt, so kann ich in ihr nichts weiter sehen, als eine verdichtete Hautschicht des Dotters, die das austretende Keimbläschen nicht zu durchbohren vermag, sondern in die Höhe stülpt.

Ganz dieselbe Erscheinung zeigt sich nach Jhering's (109) Untersuchungen bei *Helix*. Seine Abbildungen (Taf. XVII. Figg. 2 u. 5) beweisen, obgleich er es nicht ausdrücklich bemerkt, dass nur das zweite Richtungsbläschen wie bei *Limnaeus* die Membran deutlich in die Höhe stülpt. Jhering erklärt diese Membran für eine sehr feine Dotterhaut, ich glaube jedoch, dass es sich auch hier nur um eine stark verdichtete Hautschicht handelt. Vielleicht findet sich bei *Modiolaria* (*Crenella*) etwas Aehnliches, da Lovén (l. c.) auch von einem conischen Fortsatz der Dotterhülle spricht, in welchem der ausgetriebene Richtungskörper eingebettet sein soll.

In Bezug auf die Kernneubildung in der ersten Furchungskugel von *Limnaeus* ist jedoch Robin (21) völlig im Irrthum, denn bei dieser und einer Reihe andrer Schneckengattungen sollen nach ihm die ersten Kerne zuerst in den 4 kleinen Furchungskugeln erscheinen, die diesen vorhergehenden jedoch kernlos sein.

In demselben Jahr, in welchem die Robin'schen Arbeiten erschienen, publicirte auch Lereboullet eine sehr ausgedehnte Abhandlung (23) über die Entwicklung von *Limnaeus stagnalis*, worin er sich sehr eingehend über die ersten Entwicklungsvorgänge ausspricht und auch ohne Zweifel mancherlei über die Kernbildung etc. beobachtet hat, ohne jedoch den Faden zu finden, welcher die verschiedenen, von ihm gesehenen Bilder zu einem richtigen Ganzen vereinigt hätte. Es ist sehr schwer die Anschauungen Lereboullet's in Kürze wiederzugeben, ich erlaube mir daher eine Anzahl Punkte seines eigenen Résumé's (l. c. p. 111 u. f.) wörtlich hier folgen zu lassen.

5. Le germe ou vitellus, au moment de la ponte, ne possède pas de membrane vitelline.

6. Il se compose alors d'éléments granuleux (granules plastiques) et de deux vésicules (vésicules cytoblastiques) plus ou moins remplies de granules fins et pâles.

7. Les vésicules cytoblastiques grossisent peu à peu et leurs granules se multiplient, puis ces vésicules disparaissent.

8. La disparition des vésicules cytoblastiques s'accompagne de l'apparition de vésicules particulières (vésicules plastiques) qui deviennent très nombreuses et se mêlent aux granules dans toute la masse du vitellus.

9. Bientôt après la production des vésicules plastiques, on trouve dans le germe quatre vésicules cytoblastiques.

10. Celles-ci disparaissent comme les précédentes, au bout de peu de temps.

11. La ségmentation en deux commence quatre heures environ après la ponte.

12. Elle est précédée de l'apparition en dehors du germe de l'une ou deux vésicules hyalines qui proviennent du germe lui-même.

13. Dès que la ligne de division est établie, les deux hémisphères se séparent et s'arrondissent en chevauchant l'un sur l'autre.

14. Chacun des deux sphères produites renferme un vésicule cytoblastique et des granules; il n'y a pas de vésicules plastiques.

18. Pendant leur rapprochement les sphères s'aplatissent par leurs surfaces en contact.

19. Les vésicules plastiques reparaissent pendant la durée de cette période de concentration.

20. Une demi-heure après leur réunion les sphères se séparent de nouveau.

21. Les vésicules cytoblastiques deviennent alors plus grosses, plus rapprochées de la surface et, dès lors, beaucoup plus apparentes.

22. Deux autres cytoblastes apparaissent à côté des précédentes. Ces cytoblastes deviennent de plus en plus gros, et leurs éléments granuleux se multiplient.

23. La présence de deux vésicules cytoblastiques et de nombreux vésicules plastiques dans chacune des deux sphères annonce la procháine division du germe en quatre.

26. Les cytoblastes nouveaux paraissent se former au centre du germe par division d'un cytoblaste primitif. Ces nouvelles vésicules cytoblastiques se mêlent à la substance du germe pendant la période de concentration de ses sphères.

Die Bedeutung der beiden vésicules cytoblastiques (6 u. 7) oder centrales (p. 90), wie er sie auch nennt, die sich in dem frisch gelegten Dotter finden sollen, ist mir nicht klar, vielleicht sind sie doch das metamorphosirte Keimbläschen. Dagegen sind die 4 vésicules cytoblastiques (9), die sich bald nach dem Verschwinden der beiden erstgenannten entwickeln sollen, jedenfalls die sich neubildenden Kerne gewesen, deren spätere Vereinigung zu einem Kern nicht beobachtet wurde. Die Beobachtungen über die Zeit des Erscheinens der Richtungsbläschen, die als Eiweisstropfen bezeichnet werden (p. 92) oder auch schon im Dotter präexistirende Bläschen sein sollen, scheinen sehr unzureichend zu sein. Von dem eigentlichen Verhalten des Kernes während der Theilung wurde nichts beobachtet.

Welche Bewandtniss es mit den sogenannten vésicules plastiques hat, die wahrscheinlich aus den Cytoblasten hervorgehen sollen, vermag ich nicht anzugeben. Die Ansicht, dass die durch Theilung entstandnen Furchungskugeln sich später wieder völlig vereinigen sollen, brauche

ich nicht besonders zu widerlegen. Bevor die Theilung der ersten Furchungskugel stattfindet, soll die Trennungsebene sich schon als helle, durchschimmernde Linie markiren (Taf. 11. Fig. 6). Ich habe leider nur sehr wenig Beobachtungen an frischen Eiern angestellt, möchte aber dies Verhalten dennoch bezweifeln.

Wodurch Lereboullet zu der Ansicht veranlasst wurde, dass neben dem Kern der Furchungskugeln zweiter Generation sich später noch ein zweiter bilde, bleibt mir unklar. Nach den auf dieses oder spätere Stadien sich beziehenden Abbildungen zu urtheilen, scheint es mir das Wahrscheinlichste, dass er die hellen Centralhöfe an den Enden der spindelförmig modificirten Kerne für Cytoblasten genommen hat, wie dies ja auch von andern Beobachtern mehrfach geschehen ist.

Aus den Beobachtungen Lereboullet's, sowie aus denen Warneck's, geht hervor, dass auch bei *Limnaeus* die Kerne mit einfachem Nucleolus erst in verhältnissmässig späten Zeiten des Entwicklungslebens auftreten*).

E. Vorgänge bei einigen Räderthieren.

Taf. XIII. Fig. 14—17.

Wegen der Schwierigkeit, welche die Herbeischaffung geeigneten Materials bot, konnte ich bis jetzt nur wenige Räderthiere in den Kreis meiner Untersuchungen ziehen; dennoch genügten die wenigen Beobachtungen um zu constatiren, dass auch hier die Processe der Kerntheilung und der Furchung ganz in derselben Weise verlaufen, wie bei den seither beschriebenen Eiern.

Zur Untersuchung lagen mir vor die Sommereier von *Notommata* (*Asplanchna*) *Sieboldii*, einiger *Brachionus*-Arten und einer *Triarthra* (wahrscheinlich *Tr. platyptera* Ehrbg.).

An den Eiern aller dieser Thiere lässt sich constatiren, dass, wie auch schon früher bekannt, das Keimbläschen des reifen Eies den früher so grossen Keimfleck fast völlig verloren hat. Gleichzeitig ist das gesammte Keimbläschen viel kleiner geworden, als die Eikerne des Ovars, ja, das Volumen des früheren Keimflecks übertrifft z. B. bei *Triarthra* das des Keim-

*) Die beiden neuesten Beobachter der Embryologie von *Limnaeus*, Ray-Lankester (vergl. »Observations on the Development of the Pondsnail etc.« in Quarterl. journ. of microscop. science. n. s. T. XIV p. 365) und C. Rabl (»die Ontogenie der Süsswasserpulmonaten« in Jenaische Zeitschrift f. Medicin u. Naturwissenschaft. Bd. IX, p. 195), haben den ersten Entwicklungsvorgängen keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Ich erwähne hier nur die sehr eigenthümliche Ansicht Rabl's, der die Richtungsbläschen, als »durch Anpassung an die ungleiche Dotterfurchung erworbne Schutzorgane des Embryo,« auffassen zu dürfen glaubt. Man sieht, was die Anpassung mit gutem Willen nicht alles zu leisten im Stande ist. Ich kann um so mehr von einer eingehenderen Würdigung der Rabl'schen Meinung abstehen, als dessen wirkliche Beobachtungen hinsichtlich der Richtungsbläschen sehr oberflächlich sind.

bläschens wohl um das Doppelte. Im lebenden Zustand ist das Keimbläschen ganz hell und homogen, nach dem Absterben jedoch oder nach Behandlung mit 1 % Essigsäure treten darin einige dunkle Granulationen auf.

Noch vor der Ablage des Eies, oder bei *Notommata* vor der weiteren Entwicklung, verschwindet das Keimbläschen, ohne dass es mir jedoch bis jetzt geglückt wäre bei einem der Eier diesen Vorgang direct zu beobachten. Es blieb jedoch auch jede Bemühung ein Richtungskörperchen ausfindig zu machen vergeblich, wie es denn bis jetzt auch noch keinem Beobachter gelungen ist ein solches in den Eiern der Räderthiere zu sehen.

Dass auch das Keimbläschen der reifen Eier der Räderthiere verschwinde und nicht, wie Leydig (25) glaubte, direct in die beiden Kerne der ersten Furchungskugel übergehe, hat neuerdings Flemming für *Lacinularia socialis* wieder gezeigt (27), eine Beobachtung, welche jedoch von Huxley, dem englischen Monographisten dieses Thiers, schon 1852 gemacht wurde (26).

Bei *Triarthra* sah ich nach der Ablage des Eies die Neubildung eines Kernes in der kürzesten Zeit eintreten; es bildete sich nur ein excentrisch gelegener Kern, der zuerst als eine sehr kleine, helle Stelle erschien, rasch zu einem scharf begränzten, sehr hellen Bläschen heranwuchs, sodann plötzlich undeutlich wurde, worauf die Theilung begann. Es bildet sich also auch hier vor der ersten Theilung ein völlig deutlicher Kern, während Flemming bei *Lacinularia* nur eine matte helle Stelle im Centrum des Dotters gesehen haben will.

Bei *Brachionus* und *Notommata* liess sich nun die Metamorphose des Kerns zu der Kernspindel sicher stellen und es ist von Interesse, dass ich bei *Brachionus* die Entstehung der Kernspindel aus dem Kern ganz in derselben Weise beobachtet habe wie bei *Nephelis*.

An dem scharf begränzten, völlig hellen und runden Kern grosser Furchungskugeln von *Brachionus* sieht man nämlich, wenn die Theilung vor sich gehen soll, plötzlich an zwei sich gegenüberliegenden Stellen die Strahlensysteme im Dotter auftreten (Fig. 14) und nun bildet sich an jeder dieser Stellen eine concav nach dem Innern des Kernes einspringende Fläche. Diese Flächen rücken mehr und mehr auf einander zu, der sichtbare Kernrest wird also immer kleiner, bis sie schliesslich zusammentreffen und der Kern in dieser Weise scheinbar ganz verschwunden ist. Behandelt man jedoch, wenn diese scheinbare Zerstörung des Kernes sich noch nicht vollendet hat, das Ei mit Essigsäure, so bemerkt man, dass dieser Vorgang eben nur die von den beiden entgegenstehenden Stellen ausgehende Kernmetamorphose darstellt; die beiden Enden sind wie bei *Nephelis* schon völlig spindelförmig faserig modificirt und lassen sich im lebenden Zustand des Eies vom umgebenden Protoplasma nicht unterscheiden; je mehr diese

Umformung fortschreitet, desto mehr schwindet der scheinbare Kernrest, bis schliesslich der gesammte Kern in die Spindel übergeführt ist, von welcher sich bei *Brachionus* im lebenden Ei kaum etwas wahrnehmen lässt. Der Kern ist daher scheinbar verschwunden und dieses Verschwinden sieht zu gleicher Zeit einer von den genannten Punkten ausgehenden Auflösung sehr ähnlich. Die ausgebildete Kernspindel lässt bei *Brachionus* wieder ganz den schon geschilderten Bau erkennen, sie besitzt eine deutliche, aus dunklen Körnern gebildete Kernplatte (Fig. 15).

Die Theilung der Kernplatte und das Auseinanderrücken ihrer Hälften in die Enden der Spindel liess sich bei *Notommata* (Fig 16) feststellen. Bei *Brachionus* und *Notommata* bildet sich nur je ein neuer Kern in jeder Furchungskugel (Fig. 17). Die Abbildung Taf. III. Fig. 2 bei Flemming (27) macht es mir sehr wahrscheinlich, dass sich auch die sogenannte Zellplatte bei unseren Thieren finden wird, wenigstens lässt sich die in der Mitte zwischen den beiden neugebildeten Kernen befindliche, mit Karmin stark färbbare Partie wohl in dieser Weise deuten. In dieser Abbildung sind die jungen Kerne in die Centra der Centralhöfe der Strahlung gezeichnet, dies habe ich auch bei den Räderthieren nie gesehen, auch hier, wie bei *Nephelis* und den Nematoden, liegen die sich bildenden Kerne an dem dem Dottercentrum zugewendeten Rande der Centralhöfe.

F. Vorgänge im Pseudovum der Aphiden.

Taf. 15. Fig. 1—3.

Aus gewissen Gründen, auf die ich späterhin noch zu sprechen kommen werde, wendete ich mich auch zur Untersuchung der ersten Entwicklungserscheinungen der Aphiden*). Meznikoff (28; p. 438) glaubte gefunden zu haben, dass der ursprüngliche Kern des Pseudovums durch einfache Theilung den Kernen des sich entwickelnden Blastoderms den Ursprung gäbe. Er hat übrigens selbst keinen Theilungszustand gesehen, sondern schliesst aus der allmäligen Vermehrung der Kerne und daraus, dass die beiden ersten Kerne zuweilen dicht bei einander liegen, auf ihre Entstehung durch Theilung.

Zunächst muss ich Meznikoff bestätigend erwähnen, dass auch bei diesen Objecten die ursprünglich grossen Keimflecke der Zellen des Keimfaches (Fig. 1) bei der Umbildung zu dem Pseudovum verschwinden. Behandelt man mit Essigsäure, so zeigen sich jedoch innerhalb der dunkelglänzenden Hülle des Kernes des Pseudovums immer noch eine Anzahl starkglänzender

---

*) *Aphis rosae* u. *hederae*.

Granulationen. Es findet also hier ganz die gleiche Veränderung innerhalb des Keimbläschens statt, wie bei den Rotatorien und wahrscheinlich noch vielen anderen Thieren.

Nach der Bildung des körnigen Binnendotters und nachdem das Keimbläschen eine sehr excentrische Lage eingenommen hat, trifft man jedoch immer auf Pseudova, die keine Spur eines Kernes mehr erkennen lassen, und es unterliegt keiner Frage, dass derselbe auch hier verschwindet. Es fragt sich nun aber: wird er ausgestossen, aufgelöst oder etwa nur zu einer schwer bemerkbaren Kernspindel metamorphosirt. Von einer Ausstossung habe ich keine Andeutung gesehen, auch nicht ausserhalb des Pseudovums etwas entdeckt, was sich einem Richtungskörperchen hätte vergleichen lassen. Das Auffinden einer Kernspindel ist jedoch der Kleinheit des Objects wegen kaum zu ermöglichen. Ich habe häufig geglaubt in den kernlosen Pseudovas etwas Derartiges vor Augen zu haben, konnte jedoch nicht zu einer sicheren Entscheidung hinsichtlich dieser Frage gelangen. Dagegen glückte es mir den Nachweis zu führen, dass die Blastodermkerne des Pseudovums wirklich durch die Theilung eines einzigen Kernes hervorgehen, für welchen es aber, wie oben bemerkt, fraglich bleiben muss, ob er mit dem ursprünglichen Keimbläschen identisch sei. Ich fand nämlich einmal ein Pseudovum mit zwei kleinen Kernen, die durch einen sehr deutlichen Strang zarter Fasern noch in Verbindung gehalten wurden (Figg. 1 u. 2). Es geht aus dieser, leider nur einmal, jedoch mit aller Sicherheit gemachten Beobachtung gleichzeitig hervor, dass auch hier der Modus der Kerntheilung der nämliche ist, wie der seither geschilderte und fernerhin noch genauer zu beschreibende. Bis zur Bildung der Blastodermzellen bewahren die Kerne alle noch die Beschaffenheit des reifen Keimbläschens; sie enthalten nämlich kein discretes Kernkörperchen, sondern nur einige dunkle Granula im Innern. Mehrfach sah ich ein sehr eigenthümliches Verhalten dieser Körperchen, sie waren nämlich sämmtlich durch einen geschlängelten, blossen Faden mit einander verbunden (Fig. 3).

II. Kapitel. Untersuchungen über die Zelltheilung.

Nachdem ich mich durch die Untersuchung der ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern von *Cucullanus* überzeugt hatte, dass hier während der Theilung höchst eigenthümliche, damals noch auf das Kernkörperchen bezogene Bildungen auftreten, war es meine nächste Bemühung, nachzuforschen, ob Derartiges sich auch bei andern Theilungsprozessen finde und ob diese Erscheinungen nicht etwa ausschliesslich den sich furchenden Eiern, denen man ja von manchen Seiten die Natur echter Zellen absprach, sondern auch unzweifelhaften Zellen zukäme.

Durch frühere Untersuchungen geleitet, glaubte ich in den Keimzellen der Spermatozoen der Insecten vielleicht günstiges Material zu Beobachtungen über Zelltheilung zu finden und hatte mich hierin auch nicht getäuscht. Als leicht zu beschaffendes Object wählte ich die kleine Schabe (*Blatta germanica*). Zur Schilderung der hierbei erhaltenen Resultate gehe ich daher zunächst über.

A. Theilung der grossen Keimzellen der Spermatozoën von *Blatta germanica.*

Taf. V.

Meine Untersuchungsmethode bestand darin, dass ich die Hoden präparirte und einen oder mehrere der Hodensäckchen entweder in der schon früher von mir empfohlenen Zusatzflüssigkeit (30; p. 402)*), oder in 1% Essigsäure, der zuweilen mit Vortheil einige Promille Kochsalz beigemischt waren, mit feinen Nadeln zerlegte und ihren Inhalt der Untersuchung unterwarf. Im ersten Fall bekommt man Bilder, die dem lebendigen, unveränderten Zustand gewiss fast völlig entsprechen, im zweiten Fall Gerinnungsbilder.

Zunächst fallen einem nun bei Eröffnung eines Hodenfollikels Protoplasmaklumpen der verschiedensten Grösse und Gestalt auf, die entsprechend ihrer Grösse eine sehr verschiedene Anzahl nahezu gleich grosser Kerne enthalten. Es sind dies wohl die vielkernigen Zellen, welche so vielfach aus den Hoden der verschiedensten Thiere beschrieben worden sind. Früherhin hatte ich (l. c. p. 409) die Bemerkung gemacht, dass ich »Zellen mit mehr als 3 und 4 Kernen für Kunstproducte erklären möchte, da sich das Protoplasma der Keimzellen der Samenfäden durch eine so grosse Empfindlichheit auszeichne.« De Lavalette hat sich hiegegen schon ausgesprochen (31; p. 499), nur hatte ich, wie aus der oben citirten Stelle hervorgeht, nicht sämmtliche mehrkernigen Zellen für Kunstproducte erklärt. Ich muss jedoch jetzt noch weiter gehen und auch so kernreiche Protoplasmapartien wie Fig. 1 für ganz unveränderte, nichts künstliches bietende Bilder erklären. Die Erklärung derselben giebt sich jedoch ziemlich einfach. Der anfängliche Inhalt jedes der Fächer der Hodensäckchen ist

---

*) 1 Vol. Hühnereiweiss in 8 Vol. Wasser gelöst unter Zusatz von 1 Vol. 5% Kochsalzlösung.

Lavalette hat sich von der Brauchbarkeit dieser Flüssigkeit überzeugt, die ich überhaupt sehr empfehlen kann, als leicht zu beschaffende, indifferente Zusatzflüssigkeit. Dieselbe bietet noch den Vortheil, dass sie sich unter Zusatz einiger Stücke Kampher lange Zeit hält und eigentlich nur dadurch allmälig unbrauchbar wird, dass das Albumin zum Theil als unlösliche Modification mit der Zeit niederfällt. Meyer hat (Arch. f. A. und Phys. 1874,) bei *Pyrochoris apterus* keine günstigen Resultate bei der Untersuchung des Hodeninhalts mittelst der von mir angegebenen Mischung erzielt. — Doch Eines schickt sich nicht für Alle; ein Vorzug derselben besteht gerade darin, dass sich das Mischungsverhältniss des colloiden und krystalloiden Körpers in derselben leicht ändern lässt.

ebenso, wie dies für die Keimstätte der Eier so vieler Thiere jetzt nachgewiesen ist (vergl. namentlich E. van Beneden, 13), ein viele Kerne einschliessendes Protoplasma, welches erst allmälig in einzelne Zellen zerfällt, wodurch die Erscheinung sich erklärt, dass man solche Protoplasmapartien in der verschiedensten Grösse und dieser entsprechend mit der verschiedensten Anzahl von Kernen findet. Der Zerfall selbst geht in einer Weise vor sich, die häufig lebhaft an die Rhachisbildung in den Keimstätten der Nematoden erinnert. Man trifft vielfach auf solche Protoplasmamassen, welche durch feine Verbindungsfäden noch in Zusammenhang stehen oder von welchen sich schon eine Anzahl einzelner Zellen abgeschnürt haben, die noch durch feine Stiele mit der gemeinsamen Muttermasse in Verbindung stehen. Auch vielkernige Zellen sieht man häufig durch zarte protoplasmatische Stränge noch im Zusammenhang. Schliesslich zerfällt jedoch die gemeinsame protoplasmatische Masse entsprechend ihrer Kernzahl mehr oder weniger vollständig in einzelne Zellen (Fig. 3 und 4), welche ich früherhin die grossen Keimzellen genannt habe.

Die Kerne der ursprünglichen Protoplasmamassen sowohl, als auch die unverändert in die grossen oder Ur-Keimzellen übergehenden sind nun von recht charakteristischem Bau. Im lebenden Zustand sind sie hell, stechen jedoch nur wenig von dem gleichfalls sehr homogen erscheinenden Protoplasma ab (Figg. 3, 4). Die Lage des Kerns in den Keimzellen ist gewöhnlich etwas excentrisch. Innerhalb desselben bemerkt man auch im lebenden Zustand matte Zeichnungen und dicht an dem Rand wenigstens sehr häufig ein längliches, sehr dunkles Körperchen, das jedoch keineswegs den Eindruck eines Kernkörperchens macht und nach Behandlung mit Essigsäure nicht mehr nachweisbar ist. Das sonst sehr gleichmässige und fein granulirte, den Kern einschliessende Protoplasma enthält doch in der nächsten Umgebung der Kerne Anhäufungen feiner dunkler Körnchen. Dieselben beschreiben gewissermassen eine Zone um den Kern, die jedoch stets nur die eine Hälfte desselben umgreift und bei excentrisch liegenden Kernen regelmässig dem Innern der Zelle zugewendet ist. Die Behandlung mit Essigsäure lässt an diesen Kernen noch eine ganze Reihe eigenthümlicher Structurverhältnisse hervortreten, die im lebenden Zustand nur in Andeutungen sichtbar wurden.

Ich bespreche zuerst ein Structurverhältniss derselben, das nicht immer, jedoch recht häufig mit grosser Deutlichkeit zur Anschauung kommt. Eine dunkle Kernhülle wird nach Essigsäurebehandlung deutlich; im Innern derselben sieht man nicht etwa einen einheitlichen Kernkörper, sondern zahlreiche dunkle Granulationen, die bei genauerem Zusehen erkennen lassen, dass sie unter einander durch Fasern zusammenhängen, denen sie gewissermassen aufgereiht sind. Manchmal ist der gesammte Kern von solchen Fasern und Granulationen un-

regelmässig erfüllt, häufig jedoch haben dieselben eine recht regelmässige Anordnung, indem sämmtliche Fasern wie ein Busch gemeinsam von einer Stelle der Kernhülle entspringen (Figg. 5, 6 und 7). Zuweilen sind die Granulationen zu einem körnigen, das Centrum des Kernes einnehmenden Haufen verschmolzen (Fig. 5), jedoch sah ich diesen Fall nicht sehr häufig. Interessant ist nun, dass die Stelle, wo dieser Busch von Kernfasern sich der Kernhülle anheftet, stets die von der körnigen Protoplasmazone umgebene Randpartie des Kernes darstellt.

Ein zweites eigenthümliches Verhalten besteht fernerhin darin, dass in den vielkernigen Protoplasmapartien meist sämmtliche Kerne so geordnet sind, dass alle die Anheftungsstellen der Kernfasern an die Hülle mehr oder weniger einander zugewandt sind (s. die Fig. 2).

Die erwähnten grossen oder Urkeimzellen erfahren nun eine Theilung, welche es in so ziemlich allen ihren Stadien zu verfolgen gelang. Zuvor muss ich jedoch bemerken, dass sich in denselben noch nichts von dem eigenthümlichen sogenannten Beikern findet, der nach Meznikoff's und meinen Untersuchungen, die neuerdings von de Lavalette (31) völlig bestätigt worden sind, einen so wesentlichen Antheil an dem Aufbau des Samenfadens nimmt. Dieser Körper tritt erst in den eigentlichen Entwicklungszellen der Spermatozoën (von mir früher kleine Keimzellen genannt) auf. Leider habe ich über seine Entstehung nichts finden können, wodurch doch erst Aufschluss über seine eigentliche Natur gegeben würde.

Die Vorbereitungen zur Theilung der Urkeimzellen bestehen nun zunächst in einer eigenthümlichen Umformung des Kernes. Die zahlreichen Granulationen desselben werden nämlich zu einigen wenigen, jedoch grösseren und unregelmässig durch den Kern zerstreuten reducirt (Figg. 8 und 9), während gleichzeitig die sonst so deutliche Kernhülle undeutlicher wird. Dieser Zustand des Kernes geht ohne Zweifel der Metamorphose zu der uns bekannten Kernspindel voraus, die wir nun als nächstes Stadium der Theilung antreffen. Untersuchen wir solche Zustände in den lebenden Zellen, so finden wir einen etwas länger gestreckten, ovalen, jedoch recht deutlich umschriebenen Kern, an dem sich eine recht kenntliche, blasse Längsstreifung wahrnehmen lässt (Figg. 19 und 11). Zuweilen bemerkt man auch schon am lebenden Kern, dass die einzelnen Streifen oder Fasern in der Aequatorialzone etwas dicker und dunkler sind. Bemerkenswerth erscheint ferner noch, dass die früher erwähnte Körnerzone des umgebenden Protoplasmas jetzt in zwei Hälften zerfallen ist, von welchen je eine die Enden des länglichen Kernes umhüllt. Derartige Zustände zeigen mit Essigsäure behandelt die Kernspindel auf das allerdeutlichste (Fig. 12). In der Aequatorialzone findet sich eine aus dunklen Stäbchen gebildete, deutliche Kernplatte, die nach den Enden der Spindel hin in feine Fasern ausläuft. Die in Fig. 12 angedeuteten, knopfartigen Enden dieser Stäbchen der Kernplatte stehen wahr-

scheinlich schon im Zusammenhang mit der bald erfolgenden Theilung derselben zu zweien. Vergleicht man den Umfang der in Essigsäurepräparaten zur Ansicht kommenden Spindeln mit dem der im lebenden Zustand sichtbaren, so geht daraus jedenfalls hervor, dass die Einwirkung des Reagenzes eine sehr beträchtliche Schrumpfung hervorgerufen hat und dass auch die scharfe Zuspitzung der Spindelenden, wie man sie in solchen Präparaten zu sehen bekommt, hauptsächlich der Einwirkung der Zusatzflüssigkeit zuzuschreiben ist. Früherhin habe ich nicht so auf diesen Punkt geachtet und kam dadurch in meiner vorläufigen Mittheilung (79) zu dem Ausspruche, dass der Kern bei seiner Metamorphose seinen Saft fast völlig verliere, was jedenfalls nicht in dem Maasse der Fall ist, wie ich dies früher annahm.

Der nächste Fortschritt in der Theilung ist also auch hier wieder der Zerfall der Kernplatte in zwei Hälften (Fig. 13) und deren allmäliges Auseinanderrücken, bis sie schliesslich in den Enden der Kernspindel angelangt sind. Hierbei zeigt sich nun die bei den vegetabilischen Zellen gewöhnliche Erscheinung, dass die früher getrennten Elemente der Kernplatte zu einem gemeinsamen, dunkeln und homogenen Körper verschmelzen, dessen Sitz also die Spindelenden sind (Figg. 14, 15). Mittlerweile hat denn auch die Theilung der Zelle selbst begonnen, indem dieselbe, nachdem sie sich vorher in demselben Sinne wie der Kern längsgestreckt hatte, sich nun in dem Aequator, senkrecht zur Axe des Kernes, einzuschnüren beginnt. Nicht sehr deutlich, jedoch unzweifelhaft lässt sich nun auch hier die strahlige Anordnung des Protoplasma's um die Kernenden wahrnehmen (Fig. 14), dagegen ist von dem hellen Centralhof der Strahlung nur wenig zu sehen (Fig. 15?) Im weiteren Verlauf der Theilung verliert sich jedoch demnächst die spindelförmige Gestalt des Kernes; die Fasern, welche die beiden dunkeln, homogenen Körper der Kernenden verbinden, drängen sich mehr und mehr um die Axe zusammen (Fig. 15), so dass sie schliesslich ein einfaches paralleles Band bilden und nun gehen durch eine Art Differenzirung aus den homogenen, dunklen Kernplattenkörpern die neuen Tochterkerne hervor (Fig. 16). Diese Differenzirung muss mit höchster Wahrscheinlichkeit so aufgefasst werden, dass sich eine äussere Schicht des homogenen, dunklen Körpers von der Innenpartie, indem sich Flüssigkeit zwischen beiden ansammelt, abhebt, wodurch die Anlage eines rudimentären Kernes gegeben ist. Die abgehobene Schicht bildet die Hülle, die Innenmasse den Inhalt, den man in seiner Gesammtheit als Kernkörper bezeichnen kann. Sobald sich die ersten Zeichen dieser Differenzirung bemerken lassen, ist auch die Theilung des Zellprotoplasmas vollendet; dennoch lassen sich die Kernfasern zwischen beiden Tochterkernen noch verfolgen. Je mehr nun durch Ansammlung von Flüssigkeit die Tochterkerne anwachsen (Fig. 17, 18, 19, 20 und 26), desto mehr wird der sie noch verbindende Faserstrang

reducirt; seine Mittelregion wird dünner und dünner und zu gleicher Zeit erfährt auch die Zahl der Fasern allmälig eine Reduction, bis sich schliesslich die wenigen noch deutlichen Fasern in einem Punkt, der genau in der Trennungsebne der Zellen liegt, kreuzen. Mehrfach sah ich sehr deutlich, dass junge Zellen mit in der Bildung begriffenen Tochterkernen um ein nicht unbeträchtliches Stück von einander abgerückt waren und nur durch den die beiden Kerne verbindenden Faserstrang noch zusammen gehalten wurden (Fig. 18); auch traf ich mehrfach auf Zustände, bei welchen sich die Fasern mit Deutlichkeit bis zu den Kernkörpern der jungen Kerne verfolgen liessen. Der ursprünglich einfache Binnenkörper der jungen Kerne zerfällt nämlich allmälig in eine Anzahl Stücke.

Die Theilung ist vollendet, wenn die jungen Kerne ihre definitive Grösse erreicht haben und der letzte Rest der sie verbindenden Fasern geschwunden ist. Nach allem, was ich von den späteren Stadien der Theilung gesehen habe, muss ich an der Meinung festhalten, dass die letzten Reste der Kernfasern schliesslich in die jungen Kerne aufgenommen werden. Eine nähere Begründung wird diese Ansicht späterhin durch die Schilderung der Theilungsvorgänge der sogenannten Infusoriennucleoli erfahren. Eine Bildung, welche sich der Zellplatte vergleichen liesse, habe ich bei diesen Objecten nie gesehen.

Die Theilung tritt nun aber nicht nur in einfachen Urkeimzellen ein, sondern auch zweikernige Protoplasmamassen sah ich schon Theilungsprocesse eingehen und zwar in verschiedener Weise. Entweder geht dieselbe in einer ganz regelrechten Weise vor sich, indem sich beide Kerne zu gleicher Zeit theilen und schliesslich eine Trennung in zwei zweikernige Zellen stattfindet (Fig. 24), oder aber es schnürt sich um je einen neuen Tochterkern eine Zelle ab, während eine grössere Zelle mit zwei Kernen auf der andern Seite restirt (Fig. 25).

Auch drei in der Theilung begriffene Kerne sah ich in gemeinsamer Protoplasmamasse eingebettet, konnte jedoch nicht enträthseln, wie das Protoplasma sich zu dieser dreifachen Kerntheilung späterhin gruppiren würde. Es scheint aber, als wenn aus dieser gleichzeitigen Theilung mehrerer Kerne einer Protoplasmapartie wohl der Schluss gezogen werden dürfte, dass hier auch eine gemeinsame Ursache die Theilung hervorrufe, welche Ursache also nur in dem sie gemeinsam umgebenden Protoplasma gesucht werden dürfte. Dabei bliebe es natürlich nicht ausgeschlossen, dass bei sehr ausgedehnten, viele Kerne einschliessenden Protoplasmamassen auch locale Veränderungen im Protoplasma nur die Theilung einzelner Kerne hervorrufen könnten. Dass nämlich auch in den vielkernigen Protoplasmapartien, die den Urkeimzellen nach der früheren Schilderung den Ursprung geben, Kernvermehrung in ähnlicher Weise sich finde,

glaube ich daraus schliessen zu dürfen, dass ich einmal zwei Kerne einer solchen Masse durch einen sehr deutlichen Faserstrang noch in Zusammenhang sah.

Aus der vorstehenden Schilderung der Theilungsvorgänge an den Keimzellen der Spermatozoën eines Insects dürfte hervorgehen, dass diese Objecte für derartige Untersuchungen recht geeignet sind und bestimmt sein mögen, noch mehr Aufschlüsse über diese fundamentalen Erscheinungen zu geben.

B. Die Theilung der embryonalen Blutkörperchen des Hühnchens.

Taf. VI. Fig. 23—29.

Ihrer Kleinheit wegen sind die embryonalen Blutkörperchen dieses Thieres kein sehr günstiges Object zur Ergründung der hier stattfindenden Theilungsvorgänge. Immerhin gelang es ohne Schwierigkeit festzustellen, dass der jetzt schon vielfach besprochene Modus der Kerntheilung sich auch hier in völliger Reinheit wiederfinde. Leider functionirte die mir zu Gebot stehende Brütmaschine nicht in gewünschter Weise, so dass ich nur wenige gute Embryonen erziehen konnte. *) Meine Beobachtungen beschränken sich daher bei diesem Object im Wesentlichen auf eine Bestätigung des uns aus früheren Schilderungen näher bekannten Theilungsvorgangs. Die Untersuchung des embryonalen Blutes geschah am 4. oder 5. Tag und nach Verdünnung desselben mit 1 % Essigsäure. Es zeigten sich denn auch hier wieder eine Anzahl Zellen mit ausgebildeter Kernspindel und sehr deutlicher Kernplatte, die theils aus deutlichen Stäbchen (Fig. 23) bestand, theils jedoch sich auch als wirkliche, zusammenhängende Platte repräsentirte (Fig. 24). Die Fasern waren theilweise recht deutlich, manchmal jedoch auch nur schlecht zu unterscheiden. Die Spindel erschien hier so gross, dass man an eine Volumvermehrung des ursprünglichen Kernes denken muss; ich habe jedoch, da ich zu sehr mit der Aufsuchung von Theilungszuständen beschäftigt war, ein genaueres Studium des normalen Kernes unterlassen. Fig. 25 führt uns das Stadium mit getheilter Kernplatte vor, deren beide Hälften im Begriffe stehen aus einander zu rücken. Fig. 26 ein solches, wo die Kernplatten schon in den Enden des Kernes angekommen sind; die verbindenden Kernfasern waren hier sehr deutlich und im Aequator zeigte sich auch eine schwache Verdickung, die wohl als eine wenig ausgebildete Zellenplatte in Anspruch genommen werden darf.

Fig. 27 zeigt ein häufig gesehenes Stadium; die beiden Kernplatten haben sich zu dunkeln, glänzenden Körpern concentrirt und der sie verbindende Faserstrang hat sich schon sehr reducirt

*) Für die freundliche Ueberlassung der Brütmaschine zu diesen Versuchen sage ich Herrn Prof. Lucae meinen verbindlichsten Dank.

und in der Mittelregion etwas eingeschnürt. In Fig. 28 zeigt sich schon die Differenzirung der Tochterkerne aus den homogenen Kernplatten des Stadiums Fig. 27 in der gleichen Weise, wie wir das bei *Blatta* sahen, und der verbindende Kernstrang ist noch mehr reducirt, sowie in seiner Mitte schon fast völlig durchgeschnürt. Die Theilung des Zellprotoplasmas ist etwa zur Hälfte vollzogen. In Fig. 29 erblicken wir schliesslich ein sehr häufiges Stadium; die Kernfasern sind völlig geschwunden, die jungen Kerne jedoch noch nicht völlig ausgebildet; dagegen ist die Theilung des Protoplasma's fast vollendet. Bei der Behandlung mit Essigsäure hebt sich eine Hautschicht ab, welche die beiden fast völlig getrennten Zellen noch zusammenhält, deren inneres Protoplasma sich in die entgegengesetzten Enden dieser Hautschicht, schon völlig getrennt, zusammenzieht.

Die Lehre von der Theilung der embryonalen rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere wurde bekanntlich von Remak durch Untersuchungen, die gleichfalls hauptsächlich am Hühnchen angestellt wurden, begründet (32). Remak fand vielfach Blutkörperchen mit mehreren Kernen und wollte sich ferner von der einfachen Theilung des Kernes durch Einschnürung, nach vorhergehender Verdoppelung des Kernkörperchens, überzeugt haben. Die Zelltheilung selbst sollte dann nach der Verdoppelung und dem Auseinanderrücken der Kerne durch Ein- und Durchschnürung des Zellenleibes zwischen diesen beiden erfolgen. Wie schon oben hervorgehoben wurde, sind meine Untersuchungen über die hier vorliegenden Verhältnisse bei weitem nicht so vollständig und ausreichend, dass ich alle die von Remak abgebildeten Zustände nach ihrer Herkunft und Bedeutung zu erklären vermöchte. Das jedoch geht aus meinen Beobachtungen mit Sicherheit hervor, dass Remak den Vorgang der Kernvermehrung nicht erkannt hat, was sich um so mehr daraus ergibt, dass er einige wirkliche Theilungsbilder (s. Fig. 6y und z), die etwa meinen Figg. 26 und 27 entsprechen, wiedergibt. Er hat hier die in die Enden des Kernes gerückten Kernplatten und die sich neu bildenden Kerne gesehen, jedoch für verschrumpfte Kerne erklärt.

Die gewöhnlichen von Remak gesehenen und abgebildeten Theilungszustände entsprechen meiner Fig. 28, wo die neugebildeten Tochterkerne schon sehr herangewachsen, jedoch die Zellen noch nicht völlig getheilt sind.

Fraglich muss ich es jedoch vorerst lassen, welche Deutung die vielkernigen Körperchen Remak's erhalten sollen und wie sich die eingeschnürten Kerne erklären, auf die Remak seine Ansicht von der Kernvermehrung stützte. Sind dies nur Trugbilder gewesen, da ja unregelmässig gestaltete, gelappte Kerne etc. nicht so selten vorkommen, oder liegen hier ähnliche Verhältnisse vor, wie sie bei den weissen Blutkörperchen vorkommen? Diese Fragen werden

sich wohl durch ein specielles Studium des Objectes unschwer lösen lassen, für mich lag der Schwerpunkt nur in der Feststellung des Modus der Kerntheilung, der sich denn auch ganz als derselbe wie bei den früher beschriebenen Objecten herausgestellt hat.

C. Bemerkungen über die Kerne und die Theilung der weissen Blutkörperchen von *Rana esculenta* und *Triton taeniatus*, sowie über die rothen Blutkörperchen derselben Thiere.

Taf. VI. Fig. 1—22.

In meiner vorläufigen Mittheilung erlaubte ich mir die Bemerkung: dass die von mir nachgewiesene Kernverschmelzung in der Furchungskugel erster Generation verschiedener Thiere vielleicht eine weiter verbreitete Erscheinung sei, indem die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen sei, dass manche der seither von den Histiologen beschriebenen, mehrkernigen Zellen solche Zustände darstellten, welche durch eine Kernverschmelzung späterhin zur Einkernigkeit gelangten. Speciell erinnerte ich hierbei an die vielfach beobachteten mehrkernigen Zellen des Hodeninhalts und an die weissen Blutkörperchen. Dass für die ersteren meine Vermuthung nicht zutrifft, glaube ich eben ausreichend bewiesen zu haben. Ein zweiter Grund lag jedoch noch vor, um gerade die weissen Blutkörperchen einer Inspection zu unterziehen. Gerade diese Objecte hatten nämlich hauptsächlich dazu beigetragen, die Lehre von den durch Einschnürung sich theilenden Kernen zu begründen. Hatte sich doch Auerbach noch neuerdings nach eigenen Untersuchungen der weissen Blutkörperchen für diese Ansicht ausgesprochen (17). Sollten nun wirklich zwei so verschiedene Modi der Kerntheilung existiren: der eine mittels der eigenthümlichen Metamorphose des Kernes, bei Thieren und Pflanzen allgemein verbreitet, der zweite eine einfache Theilung oder Durchschnürung des völlig unveränderten Kernes? Eines der hierhergehörigen Objecte näher zu studiren wurde mir daher zur Pflicht.

1. Weisse Blutkörperchen.

Die Untersuchung geschah auch hier wiederum in 1% Essigsäure. Die grosse Mehrzahl der weissen Blutkörperchen*) der beiden Untersuchungsthiere ist mehrkernig. Bei *R. esculenta* fand ich als höchste Zahl der Kerne 5 (Fig. 4), bei *Triton* bis 7 Kerne (Fig. 5). Die in Mehrzahl in der Zelle enthaltenen Kernchen sind stets die kleinsten, jedoch lässt sich nicht etwa die Regel aufstellen, dass die Grösse der Kerne mit ihrer Zahl in umgekehrtem Verhältniss

*) Das von Lieberkühn entdeckte Vorkommen contractiler Vacuolen in den weissen Blutkörperchen unserer Thiere (vergl. z. B. »Ueber Bewegungserscheinungen der Zellen« p. 357) vermag auch ich zu bestätigen.

stünde. Manchmal finden sich Körperchen, die nur zwei Kernchen von sehr geringer Grösse enthalten. Dagegen ist die Regel wohl durchführbar, dass in grösserer Zahl vorhandene Kerne stets von geringer Grösse sind; doch lässt sich diese Regelmässigkeit ebenso wohl mit der Ansicht, dass die in Mehrzahl vorhandenen Kerne durch fortgesetzte Theilung der grossen, als auch mit der entgegengesetzten, dass die grossen durch die Verschmelzung der kleinen entstünden, vereinigen.

Die kleinen Kernchen besitzen denselben Bau wie die grösseren; ihre Hülle ist sehr deutlich, dunkel und glänzend und in ihrem Innern finden sich ein oder zwei Binnenkörperchen von ebenso dunklem Aussehen wie die Hülle, jedoch von sehr verschwommenen Umrissen. Häufig sind sie faserig ausgezogen, so dass man bald auf den Gedanken kommt, dass es sich hier gar nicht um ein frei im Innern liegendes scharf umschriebenes Kernkörperchen handle, sondern dass dasselbe durch faserige Ausläufer mit der Hülle in Verbindung stehe, woher sich denn auch das unregelmässige Aussehen schreibe. Zuweilen mögen auch diese Kernkörperchen nur als locale Verdickungen der Hülle selbst aufzufassen sein. Unter Umständen finden sich auch einzelne Kernchen, die gar kein Kernkörperchen oder doch nur undeutliche Spuren eines solchen enthalten.

Eine eigenthümliche Erscheinung ist es fernerhin, dass, wenn auch nicht immer, so doch sehr gewöhnlich die in Mehrzahl vorhandenen Kernchen zu einem Häufchen dicht zusammengelagert sind, das excentrisch, nahe am Rande des Körperchens seine Lage findet. Damit scheint auch noch ein anderes Verhalten in Zusammenhang zu stehen; von den mit 1% A. behandelten Körperchen hebt sich nämlich durch Diffussion stets eine Hautschicht ab, so dass das Körperchen kugelförmig aufgebläht erscheint (Figg. 4, 5). Diese Abhebung erfolgt jedoch nicht an der dem Kernhäufchen benachbarten Stelle, so dass also letzteres, umschlossen von dem Protoplasma, der Hautschicht an einer Stelle innerlich anzukleben scheint.

Die grösseren Kerne erreichen etwa das Volumen der Kerne der rothen Blutkörperchen (Figg. 8, 12, 13, 14). Ihr Bau entspricht, wie erwähnt, ganz dem der kleinen, nur ist die Zahl ihrer Kernkörperchen im Allgemeinen vermehrt. Es lässt sich jedoch auch bei ihnen die Bezeichnung Kernkörperchen nicht recht anwenden, indem wir es, wie sich bei den grösseren Kernen noch besser sehen lässt, in den meisten Fällen gar nicht mit scharf umschriebenen Körperchen zu thun haben, sondern mit sehr unregelmässig gestalteten, fadenartigen und knotig verdickten Bildungen, die mit der Hülle in directer Verbindung stehen. Sonderbar sind z. B. auch solche Formen wie Fig. 14, wo dunkler und schärfer umschriebene Körperchen durch zwischen ihnen verlaufende Fasern in Verbindung stehen.

Die Gestalten, welche uns nun die grösseren Kerne bieten, sind höchst unregelmässig: längliche, eckige, rundliche, bisquitförmige, regelmässiger und unregelmässiger gelappte und eingebuchtete finden sich in wechselnder Mannigfaltigkeit.

Es gelang mir nun keineswegs, durch directe Betrachtung solcher Formen (Figg. 8—11) die Frage zu entscheiden, ob hier blosse Unregelmässigkeiten, ob Theilung und Sprossung oder Verschmelzung vorliege. Doch lässt sich dieser Frage vielleicht auf indirectem Wege näher kommen, nämlich durch sicheren Nachweis eines Theilungsprocesses der Kerne, der sich in andrer Weise vollzieht und daher das Stattfinden einer solchen Kernsprossung unwahrscheinlich macht.

Bei *Triton* und auch einmal, jedoch weniger deutlich beim Frosch, stiess ich auf Körperchen, deren Kerne spindelförmig längsgestreckt und von wenigen Längsfasern durchzogen waren (Fig. 19). Ob diese Formen sich mit Recht den durch Kernmetamorphose hervorgegangnen Kernspindeln an die Seite stellen lassen, scheint mir wegen der fehlenden Kernplatte und der starken Hülle zweifelhaft. Andrerseits habe ich jedoch beim Frosch ziemlich häufig Zustände gesehen, die ich nur als wirkliche Theilungsformen weisser Blutkörperchen betrachten kann und zwar waren dies in Theilung begriffene mehrkernige Körperchen. Einerseits fanden sich nämlich Körperchen, deren dicht zusammenliegende Kerne sämmtlich in einer Richtung sehr langgestreckt waren (Fig. 17), dann jedoch auch schon in der Mitte tief eingeschnürte weisse Blutzellen; hier waren die Kerne noch viel länger gestreckt, ihre Enden angeschwollen und je eine Hälfte lag in der einen, die andere in der andern Partie des schon nahezu halbirten Körperchens (Fig. 18). Die ausgezogenen Kernmitten waren schon sehr verdünnt. Die Deutung dieser Zustände als Theilungen wird dadurch bedeutend befestigt, dass sich daneben auch solche Körperchen fanden, die sich ungezwungen, als durch völlige Durchschnürung der ersteren entstanden, erklären lassen (Fig. 20).

Auf etwas andere Bilder, die sich jedoch gleichfalls nur als Kerntheilungszustände auffassen lassen, stiess ich beim *Triton.* Hier fanden sich weisse Körperchen mit weit aus einander liegenden Kernen, deren Hülle jedoch in einen dunklen Faden auslief, mittelst welchen je zwei Kerne unter einander zusammenhingen. In dem einen dieser Fälle (Fig. 21) schien auch das Körperchen selbst in Theilung zu sein, im zweiten jedoch (Fig. 22) zeigte sich keine Andeutung von Theilung am Körperchen selbst.

Diese beiden Beobachtungen über Kerntheilung der weissen Blutkörperchen sind als principiell übereinstimmend aufzufassen; in beiden Fällen handelt es sich um eine einfache Längsstreckung der Kerne, allmälige Anschwellung ihrer Enden, während gleichzeitig das

Verbindungsstück derselben mehr und mehr, schliesslich zu einem feinen Faden ausgezogen wird, durch dessen muthmassliches Durchreissen und Aufgenommenwerden von den beiden neuen Kernen die Theilung sich vollendet.

Auf die schon vielfach besprochene Art der Kerntheilung lässt sich dieser Modus jedoch nur mit grossen Modificationen zurückführen. Dass jedoch derartige Modificationen existiren, zeigt die Kerntheilung der Knorpelzellen und die späterhin ausführlicher zu besprechende Theilung des Infusorien-Nucleus. Immerhin dürfte eine eindringlichere Untersuchung des hier besprochenen Objectes doch vielleicht noch Thatsachen ans Licht fördern, welche den Anschluss dieses Modus der Kerntheilung an den seither erörterten vervollständigten.

2. Einige Bemerkungen über die rothen Blutkörperchen des Frosches und Tritons.

Untersucht man die rothen Blutkörperchen der genannten Thiere mit 1 % Essigsäure, so überzeugt man sich, dass die Bauweise ihrer Kerne auf das lebhafteste an die der grösseren Kerne der weissen Körperchen erinnert. Wir finden nämlich auch hier keineswegs, wie z. B. von Auerbach (17) beschrieben wurde, discrete Kernkörperchen, sondern Fasern, die an manchen Stellen knotig verdickt sind, durchziehen den Kern und setzen sich mit dessen dunkler Hülle in Verbindung. Diese Faserbildungen sind bald regelmässiger, bald unregelmässiger durch den Kern vertheilt und ziehen bald mehr in seiner Längs- bald mehr nach der Quer-Richtung. Auch die dunkle Hülle ist mehrfach knotig angeschwollen, so dass sie häufig das Bild einer Perlenschnur bietet, eine Erscheinung, die sich bei vielen Kernen andrer Objecte noch findet. Von hohem Interesse ist jedoch fernerhin ein heller Hof, der sich stets als Umrandung des Kernes findet (Fig. 2) und der gegen die Masse des Blutkörperchens selbst durch eine zarte dunkle Linie begrenzt wird. Nicht selten hat man Gelegenheit in derartigen Präparaten auch isolirte Kerne zu studiren, die einmal die oben geschilderte innere Structur am besten zeigen und dann jedoch auch äusserlich den hellen Hof mit der ihn umschliessenden zarten Hülle deutlich wahrnehmen lassen (Fig. 1). Bei der Kleinheit derartiger Objecte ist es schwer sich darüber Rechenschaft zu geben, ob in dem hellen Hof sammt seiner dunklen Umgrenzung ein wirkliches Structurverhältniss und nicht nur ein durch Beugung erzeugtes, optisches Phänomen vorliege. Nach häufig wiederholter Untersuchung derartiger Bilder kam ich jedoch zu dem Schluss, dass es sich hier wirklich um eine besondere, zarte Hülle handle, die das seither allein als Kern angesprochene Gebilde umschliesst. Aehnliche Bauverhältnisse andrer Kerne und ihre Bedeutung werde ich späterhin bei andrer Gelegenheit noch zu besprechen haben.

Heitzmann (33; 1. p. 106) hat vor kurzer Zeit eine sehr ähnliche Schilderung von dem Bau der Kerne der rothen Blutkörperchen des *Triton* entworfen.

Bei der erwähnten Behandlungsweise mit 1% Essigsäure erscheint die eigentliche Masse der rothen Blutkörperchen nur sehr schwach granulirt (Fig. 2), am meisten noch in dem centralen Theil; behandelt man jedoch mit einer Lösung, die 2% A u. 2% Na Cl_2 enthält, so erscheint die gesammte Masse des Körperchens durchaus und dicht granulirt und häufig zeigen sich die dunkelglänzenden Granulationen in der exquisitesten radiären Anordnung um den Kern, wie dies ja auch schon früher von verschiedenen Seiten beschrieben worden ist (Fig. 3). Der Kern schrumpft bei dieser Behandlungsweise sehr, erlangt ein glänzendes Aussehen und lässt von den früher geschilderten Structurverhältnissen wenig mehr sehen.

Auffallend war mir, dass ich in den rothen Blutkörperchen des Frosches (Januar) nicht gar selten einen eigenthümlichen Körper neben dem Kern antraf (Fig. 2 u. 3). Derselbe lag immer dem einen Brennpunkt des elliptischen Körperchens nahe, war stets langgestreckt, bohnen- bis lang-spindelförmig und aus protoplasmatischer, schwach granulirter Masse gebildet. Ebensowenig, wie ich über diesen eigenthümlichen Körper, der sich vielleicht auf ca. 200 Körperchen einmal wahrnehmen liess, etwas in der Literatur auffinden kann, ebensowenig wüsste ich ein Urtheil über seine Bedeutung zu fällen.

D. Bemerkungen über die Theilung der Blastodermzellen der Insecten.

Taf. VI. Fig. 30 u. 31.

Ich hätte die wenigen Beobachtungen, welche mir bis jetzt über die Theilung der Blastodermzellen der Insecten zu Gebote stehen, auch im Kapitel über die Furchung bringen können, da mancher vielleicht diesen Theilungsprocess den Vorgängen der wahren Furchung näher anschliessen möchte. Doch dürften wir hier mit demselben Recht auch die Elemente des Blastoderm's als ächte, den die Gewebe constituirenden an die Seite zu setzende Zellen in Anspruch nehmen.

Meine Beobachtungen beschränken sich auf die Constatirung des Vorhandenseins der Metamorphose des Kerns zu der gestreiften Spindel bei *Musca vomitoria* und einem Schmetterling. Bei letzterem liess sich die äquatoriale, aus dunkeln Körnchen bestehende Kernplatte mit Sicherheit nachweisen. Bei *Musca* zeigten die Fasern der Kernspindel unregelmässiger vertheilte, locale Verdickungen, jedoch sah ich eine scharf ausgeprägte Kernplatte nicht (Fig. 31). Hingegen liess sich hier die Strahlung des Protoplasmas um die Spindelenden mit grosser Deutlichkeit wahrnehmen.

Eine vortreffliche Schilderung der Kern- und Zellentheilung des Blastoderms des Spinneneies hat vor einiger Zeit Balbiani gegeben (29). Seine Schilderung bezieht sich zwar nur auf die am lebenden Ei zu constatirenden Vorgänge, daher hat er auch nichts von Bau und Structur der Kernspindel gesehen und das allmälige Hervorwachsen der Tochterkerne aus den Enden der Kernspindel nicht bemerkt. Seine Abbildungen liefern uns genaue Seitenstücke zu den Erscheinungen, wie sie sich am lebenden Nematodenei constatiren lassen, so dass die völlige Uebereinstimmung in beiden Fällen nicht fraglich erscheinen kann.

Die von früheren Bearbeitern der Arthropoden-Embryologie vielfach erwähnte Vermehrung der Kerne durch einfache Theilung mittels Einschnürung, nach vorhergehender Verdopplung des Kernkörperchens, darf daher zum grössten Theil, als auf falschen Deutungen beruhend, betrachtet werden, da eine Vermehrung der Kerne in dieser Weise durch unsere jetzt gewonnenen Erfahrungen, wenn auch nicht widerlegt, so doch als einer neuen Untersuchung und Begründung bedürftig, erachtet werden muss.

III. Kapitel. Ueber die Conjugation der Infusorien.

1. Abschnitt. Kurze historische Uebersicht der Entwicklung unsrer Kenntnisse von der Conjugation der Infusorien.

Conjugationszustände der ciliaten Infusorien wurden ohne Zweifel schon seit den Zeiten beobachtet, da es möglich geworden war, diese kleinen Organismen überhaupt genauer zu verfolgen und die Durchstöberung der Natur mit Hülfe des Mikroskopes zu einer nützlichen und vergnüglichen Unterhaltung für viele Berufene und Unberufene wurde.

Schon Leeuwenhoek beobachtete Ende des 17. Jahrhunderts mehrfach Verbindungen zweier Infusionsthiere und deutete dies als Paarung.*) Aehnliche Beobachtungen wurden von Joblot 1718 und Baker 1742 gemacht und in derselben Weise erklärt. Erst durch die rühmlichen Untersuchungen Trembley's über die Theilung der Stentoren und Vorticellinen wurde die Ansicht der früheren Forscher in Zweifel gezogen. Die Beobachtungen über die Fortpflanzung durch Theilung wurden dann hauptsächlich fortgesetzt und vervollkommnet durch Rösel, Saussure, Ellis, O. Fr. Müller und Spallanzani. Gleichen hingegen hielt daran

*) Leeuwenhoek's Beobachtungen lassen uns nur die Möglichkeit erkennen, dass der berühmte Mikroskopiker schon Conjugationszustände gesehen hat. Man vergl. die Stellen in »Arcana naturae detecta ab Ant. v. Leeuwenhoek. Delphis Batavorum 1695.« p. 23 (Brief an Rob. Hooke), p. 277 (an die Königl. Gesellschaft zu London); auch Contin. Arcan. nat. 1797; p. 22 u. 36.

fest, dass sich auch Vereinigungen zweier Infusionsthiere fänden.*) Auch der berühmte O. Fr. Müller glaubte sich von der Paarung bei einer Anzahl Infusionsthiere mit Sicherheit überzeugt zu haben und führt dafür auch recht triftige Gründe an.**)

Ehrenberg, der in den Infusorien hochentwickelte, geschlechtlich wohl differenzirte Formen sah, war trotzdem nicht im Zweifel über die Auffassung der Syzigien als Längstheilungszustände, wiewohl es doch bei seinen sonstigen Anschauungen recht nahe gelegen hätte, hier Paarungen zu vermuthen. Diese Betrachtungsweise blieb denn auch in der Folgezeit die herrschende, weder Dujardin noch Stein und die mannichfachen Beobachter, die sich mehr gelegentlich mit der Untersuchung unserer Organismen beschäftigten, hatten Zweifel über die Deutung der sogenannten Längstheilungszustände. Auch Claparède und Lachmann hielten in ihren »Études sur les infusoires« diesen Standpunkt noch fest. Dennoch waren mittlerweile auch Conjugationszustände der Infusorien mit Sicherheit nachgewiesen worden. Stein, der schon 1848 die Conjugation der Gregarinen richtig erkannt hatte, entdeckte 1849 die Conjugation der Acineten, Claparède und Lachmann aber bewiesen ihr Vorkommen bei den Vorticellinen, doch blieb diese Erkenntniss zunächst noch ohne Einfluss auf die Auffassung der sogenannten Längstheilungszustände.

Erst Balbiani erwarb sich das grosse Verdienst in einer der Pariser Akademie 1858 vorgelegten Mittheilung, die sogenannten Längstheilungszustände von *Paramaecium Bursaria* als Vereinigungen zweier Individuen zum Zwecke gegenseitiger Begattung, wie er glaubte, nach-

---

*) So berichtet z. B. Gleichen (Auserlesne mikrosk. Entdeckungen des Grafen von Gleichen gen. Russworm 1777; p. 48) sehr ausführlich über die Vereinigungen der sogen. Pendeloquenthierchen (nach Ehrenberg = *Paramaecium Aurelia*), bei dem er sich durch mühsame und recht glaubwürdige Untersuchungen überzeugt haben will und ausführlich beschreibt, wie zwei Thierchen sich mit einander vereinigen. Er kommt schliesslich zu der Ansicht: dass dies Kämpfe seien, welche sich die Thierchen unter einander lieferten und sich dabei wohl so fest in einander verbissen, dass sie stundenlang zusammen blieben. In seiner Abhandlung über die Saamen- und Infusionsthierchen (Nürnberg 1778) hingegen fasst er die beschriebenen Vereinigungen zweier Infusionsthierchen als Paarungen auf (vergl. p. 87 u. 150, sowie Taf. XXVIII. Fig. 8—9).

**) Müller hat nämlich schon solche, in vermeintlicher Längstheilung begriffene Zustände von *Paramaecium Aurelia* 12 Stunden lang, ohne dass sie sich trennten, beobachtet; ein ander Mal sah er in zwei Stunden keine Veränderung. Da ihm nun die Quertheilung und ihr rascher Verlauf wohl bekannt war, so hatte er gewiss mit Grund an der richtigen Auffassung dieser Zustände festgehalten, die erst 70 Jahre später zur Geltung kommen sollte. Die Widersprüche bei Müller erklären sich vielleicht dadurch, dass er über die Deutung der von ihm beobachteten sogen. seitlichen Cohäsionen verschiedener Infusionsthiere, in paralleler Stellung, keineswegs immer sicher war. So deutet er einen entschiedenen Conjugationszustand eines jedenfalls zu den *Oxytrichinen* gehörigen Infusors (seiner *Kerona Lepus*, p. 243. T. 34, Fig. 6—8) als Längstheilung.

Eine genaue Zusammenstellung und Besprechung der älteren Literatur findet sich bei Ehrenberg (108; p. 382—383), welcher auch der grösste Theil der oben gemachten Angaben entnommen ist, da mir nur der kleinste Theil der älteren Literatur direct zugänglich ist.

zuweisen. Diese bahnbrechenden Beobachtungen Balbiani's fanden zuerst bei dem competentesten Forscher Deutschlands, Stein, keinen Beifall; in dem 1860 erschienenen ersten Band seines »Organismus der Infusionsthiere« hält er noch, wiewohl mit einiger Reserve, an der früheren Auffassung fest, die er sonderbarer Weise mit der, von Balbiani in seiner erwähnten Arbeit entwickelten Lehre der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusionsthiere in Einklang zu bringen sucht, woraus denn die merkwürdige Erscheinung sich ergeben haben würde, dass die ciliaten Infusorien ihre Geschlechtsproducte nur während der Längstheilung entwickelten.

Doch die Tage der alten, falschen Ansicht waren gezählt; die weiteren Arbeiten Balbiani's und die schönen Untersuchungen Engelmann's (66; 110) stellten es ganz sicher, dass die Conjugation eine allgemein verbreitete Erscheinung bei den Infusorien sei und Stein schloss sich in dem II. Band seines grossen Werkes diesen Anschauungen völlig an.

In der geschichtlichen Entwickelung unserer Kenntnisse von der einfachen Thatsache der Conjugation der Infusionsthiere sehen wir wiederum ein sprechendes Beispiel, wie schwer es fällt, sich von einer lange herrschenden Ansicht, wenngleich dieselbe sich nur auf sehr unvollständige Beobachtungen stützte, zu befreien. Es ist keineswegs sehr schwierig Infusorien in Vorbereitung und im Moment der Conjugation anzutreffen, wodurch ja, wie Balbiani gezeigt hat, die ganze Frage in zweifelloser Weise gelöst wird; aber die feste Ueberzeugung von der richtigen Deutung der Längstheilungszustände verhinderte es, dass man solche Vorgänge beachtete oder sie aufzufinden sich bestrebte.

Die durch die Arbeiten von Dujardin, Meyen, Siebold und Köllicker ziemlich verbreitete Auffassung der Infusionsthiere als nichtzellige, resp. einzellige Organismen, fand in den Verfassern der »Études sur les infusoires«, Claparède und Lachmann, energische Gegner, deren Ansichten um so mehr grosse Beachtung zu verdienen schienen, als sie durch ihre, fast über das gesammte Gebiet der Protozoën ausgedehnten Untersuchungen zu einem Urtheil besonders berufen waren. Sie entschieden die Frage jedoch im entgegengesetzten Sinne und glaubten in den Infusorien verhältnissmässig hoch entwickelte, verstecktzellige, den Coelenteraten und Turbellarien etwa sich anschliessende Organismen zu erkennen (61; p. 58—63). Diese allmälig hervortretende, veränderte Auffassung unserer Thiere, in Zusammenhang mit der schon 1856 von Joh. Müller mitgetheilten Beobachtung über das Vorkommen eigenthümlicher, spermatozoënähnlicher Gebilde im Nucleus von *Paramaecium Aurelia*, einer Wahrnehmung, die durch ähnliche Beobachtungen von Claparède, Lachmann und Lieberkühn auch bei andern Infusorien bestätigt wurde, legten es wohl nahe, mit erneutem Eifer nach einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien zu fahnden. Es war dies um so ver-

lockender, als ja in der Embryonenbildung verschiedener Infusorien, die durch die Beobachtungen von Focke, Cohn, Eckhard, O. Schmidt, Stein, Claparède und Lachmann festgestellt worden war, eine Fortpflanzungsweise vorlag, die sich mit einem geschlechtlichen Act leicht und angenehm in Einklang hätte bringen lassen.*)

Wir sehen daher auch Stein gleichzeitig mit Balbiani bemüht, die geschlechtliche Fortpflanzung der ciliaten Infusorien, die während der Conjugation vor sich gehen sollte, zu ergründen. Als allgemeine sErgebniss tritt nun hierbei zu Tage, dass wir in dem sog. Nucleus, dem Homologon des Zellkerns der Anhänger der Einzelligkeitslehre, das weibliche Geschlechtsorgan, in dem Nucleolus oder den mehrfach vorhandenen Nucleoli hingegen die männlichen Organe zu erkennen hätten.

Wie sehr beide Forscher nun auch in diesem Punkt harmonirten, so ungemein wichen sie jedoch in der Auffassung der einzelnen Vorgänge während der Conjugation und den schliesslichen Resultaten derselben von einander ab.

Stein sah bei allen Infusionsthieren, bei welchen eine Fortpflanzung durch Embryonen beobachtet worden war, diese Embryonen als das schliessliche Product der geschlechtlichen Fortpflanzung an, und liess dieselben durch mannigfache Umwandlungen, in Bezug auf welche er seine Ansichten im Laufe der Zeit sehr änderte, aus dem Nucleus hervorgehen. Balbiani, der ursprünglich noch für *Paramaecium Bursaria* der gleichen Ansicht gehuldigt hatte, emancipirte sich jedoch bald von derselben und glaubte in den vermeintlichen Embryonen zu den Acinetinen gehörige parasitische Eindringlinge zu erkennen, während die mit der Conjugation eintretende Fortpflanzung nach seinen Angaben nur durch nach Aussen abgelegte, befruchtete Eier bewerkstelligt wird.

Die Balbiani'sche Deutung der Embryonen fand bei Stein keine Anerkennung, er bekämpfte dieselbe trotz einer bestätigenden Angabe Mecznikoff's (70) in dem II. Bande seines Werkes mit Lebhaftigkeit und auch Engelmann hielt an der ursprünglichen Auffassung der Embryonen fest. Kölliker (92) schloss sich nach eigenen Untersuchungen an *Param. Aurelia* mehr den Balbiani'schen Ansichten über die geschlechtliche Fortpflanzung dieses Infusors an.

Seit dem Erscheinen des II. Bandes des Stein'schen Werkes im Jahre 1866 ist nur sehr wenig thatsächliches Material zur Lösung der hier vorliegenden Fragen beigebracht

*) Ich sehe hier natürlich von den sogen. Embryonen der Acinetinen ab, wie sich denn alle folgenden Bemerkungen nur auf die ciliaten Infusorien beziehen.

worden *). Dagegen hat sich in der neuesten Zeit ein Umschlag in der Auffassung unserer Thiere ausgebildet, indem man sich wieder der älteren Anschauung von der Einzelligkeit der Infusorien allgemeiner zuwandte, wiewohl diese Ansicht von einer bedeutenden Zahl der namhaftesten Forscher immer aufrecht gehalten worden war. Indem jedoch dieser Umschwung lediglich durch theoretische Betrachtungen und Wünsche geleitet wurde und sich zur Begründung seiner Anschauungen nur einer lang versäumten, vorurtheilsfreien Kritik der früheren Beobachtungen bedienen konnte, so war es ihm auch nicht vergönnt eine Lösung des Problemes anzubahnen, sondern wesentlich nur dessen Nichtgelöstsein zu constatiren.

Ich habe mich in einer im Anfange des Jahres 1873 erschienenen kleinen Arbeit (78) gegen die Wahrscheinlichkeit einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien im Sinne von Balbiani und Stein ausgesprochen; in demselben Jahre hat Häckel (81) in seinem Aufsatz über die Morphologie der Infusorien die auf diesen Punkt bezüglichen Thatsachen in Zweifel gezogen und Claus sich späterhin 1874 sowohl in einer besonderen Abhandlung (82), als auch in der dritten Auflage seines Lehrbuchs in verneinendem Sinne hinsichtlich dieser Frage geäussert. So sehr nun aber auch diese, an der Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien mit Recht geübte Kritik wohl im Stande war dieselbe zu erschüttern, so war hiermit doch nur ein Hinweis auf erneute Untersuchung der hiebei in Frage kommenden thatsächlichen Verhältnisse gegeben, denn eine sichere Widerlegung der von Balbiani und Stein ausgesprochnen Ansichten liess sich nur dadurch liefern, dass man die ihnen zu Grunde liegenden, thatsächlichen Verhältnisse in geeigneterer Weise erklärte oder widerlegte.

Gleichzeitig liess sich dabei auch die Lösung der in allgemein morphologischer Hinsicht so wichtigen Frage, nach dem Werthe des Infusorienorganismus überhaupt, erwarten. Dieses mir gesteckte Ziel, glaube ich nun, wird durch die nachstehend mitzutheilenden Untersuchungen seine vorläufige Lösung gefunden haben.

2. Abschnitt. Einige Bemerkungen über das Auftreten der Conjugation bei den ciliaten Infusorien.

Jeden Forscher, welcher sich mit der Conjugation der Infusorien beschäftigt, überrascht die höchst merkwürdige Thatsache, dass diese (mit Ausnahme der Vorticellinen) meist vorübergehenden Vereinigungen verschiedener Individuen sich gewöhnlich nicht vereinzelt vorfinden,

---

*) Die Abhandlung von Léon Marchand (De la reproduction des animaux infusoirs Paris 1869) enthält nur eine, z. Th. recht unvollständige, Zusammenstellung der von Stein, Balbiani, Claparède und Lachmann erzielten Resultate über die Fortpflanzung der Infusorien. Stein's II. Bd. des Organismus der Infusionsthiere ist darin z. B. gar nicht berücksichtigt.

sondern dass meist gleichzeitig eine grössere Menge von Individuen in der Conjugation begriffen sind, ja, dass nicht selten die Conjugation gleich einer Epidemie die vorhandenen Thiere überfällt, so dass die Zahl der conjugirten Paare die der Einzelindividuen übertreffen kann.

Diese merkwürdige Thatsache haben sämmtliche früheren Forscher bestätigt gesehen, ohne dass sich jedoch bis jetzt für dieselbe eine ausreichende Erklärung gefunden hätte.

Zwei fundamental verschiedene Betrachtungsweisen stehen sich hier gegenüber. Auf der einen Seite scheint dieses plötzliche und gleichzeitige Auftreten zahlreicher Conjugationszustände dafür zu sprechen, dass äussere Ursachen, welche gleichzeitig sämmtliche Thiere einer Infusion beeinflussen, zunächst bestimmend auf den Eintritt der Conjugation einwirken. Eine zweite Frage wäre dann die nach der Natur dieser Ursachen. Andrerseits könnten es aber immerhin auch innerliche Ursachen sein, welche das so plötzlich und gleichzeitig eintretende Bedürfniss der Conjugation hervorriefen. Diese letztere Auffassung ist jedoch nur dann verständlich, wenn man berücksichtigt, dass in den meisten Fällen die Bewohner einer Infusion sich nur von verhältnissmässig sehr wenigen Urahnen durch einfache Theilung herleiten, dass sich daher immer in jeder reichlich bevölkerten Infusion eine grosse Anzahl Thiere finden müssen, welche genealogisch auf entsprechender Stufe stehen, in welchen daher innerliche Eigenthümlichkeiten, die sie von ihren Ahnen geerbt haben mögen, gleichzeitig zur Geltung kommen müssen und worunter man dann auch die Ursachen der plötzlich zwischen vielen Individuen auftretenden Conjugation suchen könnte.

Letztere Ansicht hat Balbiani (65a; p. 1191—95) zu der seinigen gemacht. Nach ihm bildet nämlich der Eintritt der Conjugation den Abschluss einer Epoche in dem Leben der zu einem Cyclus gehörigen Summe von Individuen, in welcher die Theilung die allein herrschende Form der Vermehrung bildete. Es fände also, wie er auch ausdrücklich bemerkt (66; p. 479 Anmerkung), im Leben der Infusorienspecies regelmässige Abwechslung ungeschlechtlich durch Theilung sich fortpflanzender und einer geschlechtlichen Generation statt, die gleichsam den Abschluss der ungeschlechtlichen Fortpflanzung bildete. Es seien demnach auch die sich conjugirenden, meist sehr kleinen Thiere nicht etwa als die jüngsten, sondern umgekehrt als die ältesten zu betrachten. Der Abschluss der Entwicklungscyclen einer Infusorienspecies könne jedoch auch noch durch natürlichen und gleichzeitig eintretenden Tod oder durch Encystirung herbeigeführt werden.

Stein (68; p. 48—49) bekämpft diese Anschauungen und bemerkt: »Was die Infusionsthiere zur geschlechtlichen Fortpflanzung« — Conjugation — »bestimmt, das wissen wir nicht; sicher aber ist, dass die geschlechtliche Fortpflanzung auf den allerverschiedensten Entwicklungs-

stufen eintreten kann und dass sie stets gleichzeitig an vielen Individuen derselben Localität beobachtet wird,« und ferner: »die geschlechtliche Fortpflanzung bildet daher bei den meisten Infusorien nicht das Endziel der Entwicklung, wie dies bei allen höheren Thieren der Fall ist, sondern sie fällt zu den verschiedensten Zeiten mitten in ihre Entwicklungsgeschichte hinein und unterbricht dieselbe eine Zeit lang.«

Diese hier wiedergegebene Ansicht Stein's, der gleichzeitig bemerkt, dass während der Conjugationsepoche Theilungszustände sehr selten seien und umgekehrt, lässt sich jedoch ganz gut mit der cyclischen Abwechslung Balbiani's vereinigen, da auch dieser Forscher der Ansicht ist (66; p. 493), dass die Thiere nach stattgefundener geschlechtlicher Fortpflanzung nicht abstürben, sondern nach Reconstituirung der Geschlechtsorgane (Nucleus und Nucleolus) ihr Leben weiter fortsetzten, also wohl in eine Epoche der ungeschlechtlichen Vermehrung einträten. Seine Beobachtungen geben ihm jedoch hierüber keine sicheren Resultate; er bemerkt: »Cependant, dans les conditions artificielles qui resultent de leur séjour dans les vases de verre ou autres où l'on élève ces animalcules pour pouvoir les observer, on remarque presque toujours qu'après s'être reproduits ils disparaissent beaucoup plus rapidement dans l'intérieur du liquide que dans les circonstances ordinaires, soit parce qu'ils n'y trouvent plus qu'une nouriture insuffisante, soit pour tout autre motif.«

Dass sich nun ein derartiger Entwicklungsgang bei einigen Infusorienarten leicht experimentell nachweisen lässt, werde ich weiter unten näher ausführen.

Die oben zuerst hervorgehobene Betrachtungsweise, dass nämlich der Eintritt einer Conjugationsepoche von blos äusserlichen Ursachen bestimmt werde, wurde neuerdings für *Vorticella nebulifera* von Everts*), auf experimentelle Gründe gestützt, hervorgehoben (74; p. 610). Hier soll es nämlich der durch Verdunstung hervorgerufene Wassermangel sein, der den Eintritt der Conjugation im Gefolge habe. Da es nun für die Untersuchung von dem allerhöchsten Werthe wäre, die Infusorien zur Conjugation zwingen zu können, um so das höchst mühsame und zeitraubende Aufsuchen von Conjugationszuständen zu erleichtern, so habe ich es nicht ver-

---

*) Man wird es mir nicht verargen, wenn ich im Laufe meiner Mittheilungen die Ansichten Everts über die Conjugation, speciell von *Vorticella nebulifera,* hier nicht weiter berücksichtige. E. spricht der knospenförmigen Conjugation dieser *Vorticelle* jede tiefere Bedeutung ab und sieht in ihr nur eine vor dem Wassermangel schützende Volumvermehrung (eine Vorstellung, die doch nur bei einem in der Luft lebenden Thier zulässig sein könnte). Daraus geht jedoch hervor, dass er weder durch eigene, noch durch Stein's Untersuchungen die höchst interessanten Vorgänge im Innern der conjugirten Thiere kennt. Aber auch in Bezug auf die allgemeine Kenntniss der Bauweise dieses Thieres, sowie seine Fortpflanzung durch Theilung, bietet diese Arbeit in überwiegender Weise offenbare Rückschritte.

säumt diese Frage meinerseits wiederholt zu prüfen. Es ist mir jedoch nie gelungen durch allmäliges Eintrocknenlassen einer viele Infusorien enthaltenden Wassermenge Conjugation hervorzurufen; nur wenn schon zahlreiche Conjugationzustände vorhanden waren, schien es mir, als wenn ihre Zahl durch Eintrocknung noch bedeutend vermehrt würde. Doch haben auch diese Versuche keine entscheidende Bedeutung, da die Conjugationszustände in einer Infusion sich allmälig vermehrend bis zu einem gewissen Maximum fortschreiten, um hierauf wieder allmälig abzunehmen; hat man nun gerade in der Zeit der Zunahme den Versuch angestellt, so erhält man wohl eine Vermehrung der Conjugationszustände, die jedoch sicherlich nicht dem eintretenden Wassermangel, sondern der schon vorhandenen Tendenz zur Conjugation zuzuschreiben ist.

Auch andere äusserliche Ursachen, an welche ich dachte, erwiesen sich nicht von Einfluss. So glaubte ich eine Zeit lang, dass vielleicht starke Beleuchtung einen Einfluss auf den Eintritt der Conjugation auszuüben im Stande sei, jedoch ergaben die Experimente auch hier kein bejahendes Resultat. Auf diesen Gedanken kam ich übrigens durch folgende Beobachtung. Mehrfach machte ich die Wahrnehmung, dass sich in Gewässern, die ich mit nach Hause brachte, ursprünglich gar keine Conjugationszustände zeigten, dass jedoch, sehr bald nachdem sie zu Hause in kleinen flachen Glasschalen aufgestellt worden waren, zahlreiche Syzigien auftraten.

Ueberhaupt konnte ich mir die Conjugationszustände einer Reihe von Infusorien in dieser Weise mit einiger Sicherheit verschaffen. Wie dies nun sich erklärt, ist vorerst fraglich; ich glaubte einige Zeit, dass die verstärkte Einwirkung des Lichtes in den demselben allseitig zugänglichen kleinen Glasschalen vielleicht die Ursache sein könnte; direct in dieser Hinsicht angestellte Versuche ergaben jedoch, wie gesagt, kein Resultat. Ursprünglich hegte ich hinsichtlich dieser Frage nach dem Eintritt der Conjugation eine andere Ansicht; da es nämlich keinem Zweifel unterliegt, dass wir in der theilweisen oder gänzlichen Vermischung der Leibesmasse zweier conjugirter Infusorien den Hauptzweck der ganzen Einrichtung und die Ursache der im Verlaufe derselben sich ereignenden, merkwürdigen Processe zu sehen haben und fernerhin eine derartige Vermischung immerhin von vornherein gewisse Analogien mit dem Befruchtungsprocess bietet, so glaubte ich vermuthen zu dürfen, dass vielleicht namentlich solche Individuen zur Conjugation geneigt seien, die wegen einer relativ verschiedenen Lebensweise auch kleine innere Verschiedenheiten voraussetzen liessen. Um diese Vermuthung einer Prüfung zu unterwerfen, vermischte ich Wasser verschiedener Herkunft, welche dieselbe Infusorienspecies zahlreich enthielten, in der Hoffnung, dass diese an verschiedenen Orten hervorgegangenen Individuen vielleicht besonders geneigt seien sich zu conjugiren. Aber auch diese mehrfach wiederholten Versuche blieben ganz resultatlos.

Hingegen sprachen aber einige Beobachtungen, die ich im Laufe meiner Untersuchungen machte, für eine cyclische Abwechslung, wie sie Balbiani annehmen zu dürfen glaubte. Namentlich interessant sind in dieser Hinsicht die mit *Paramaecium putrinum* Clp. & L. erhaltnen Resultate. Dieses kleine Infusor eignet sich überhaupt sehr zu Züchtungsversuchen, da es selbst in sehr kleinen Uhrschälchen, in einer ganz geringen Menge Wassers und bei Zusatz einiger Muskelfäserchen als Nahrung, sich reichlich entwickelt und ungestört lebt.

Einige conjugirte Paare dieser Art nun wurden am 9. Nov. 1874 in der angegebnen Weise isolirt. Nachdem sie sich am 10. Nov. getrennt hatten, begannen die früher sehr kleinen Thiere ein rapides Wachsthum, so dass schon am Morgen des 11. Nov. viele Individuen das Maximum der Grösse, das ich je bei dieser Art beobachtet habe, erreicht hatten und nun begann auch die Vermehrung durch Theilung in ganz rapider Weise. Schon nach wenigen Tagen wimmelte die geringe Wassermenge, in welcher sich die Thiere befanden, buchstäblich von ihnen. Am 14. Nov. traf ich sie nun ganz massenhaft in Conjugation begriffen. Sämmtliche conjugirten Thiere waren wieder von der kleinen Form, wie ihre ursprünglichen Ahnen. Von diesen in der Conjugation befindlichen Thieren wurden nun wiederum 4 Paare in gleicher Weise isolirt; dieselben verhielten sich ganz ebenso wie die früheren, sie vermehrten sich nach ihrer Trennung so sehr, dass am 24. Nov., wo ich zuerst wieder, jedoch auf vereinzeltere Conjugationszustände stiess, Hunderte von Thieren vorhanden waren. Auch jetzt waren die in Conjugation begriffenen Thiere alle verhältnissmässig sehr klein.

Wir sahen also bei diesem *Paramaecium* drei Conjugationsepochen mit dazwischen liegenden Epochen rascher Fortpflanzung durch Theilung abwechseln; halten wir diese Erfahrung zusammen mit der fernerhin noch bei *Paramaecium Aurelia*, *Stylonichia pustulata* und *Euplotes Charon* gemachten Beobachtung, dass auch diese Infusorien nach vollendeter Conjugation eine sehr rapide Vermehrung durch Theilung erfahren, so scheint es nicht ungerechtfertigt, einen derartigen Wechsel von Epochen der Theilung und der Conjugation als eine regelmässige Erscheinung zu betrachten.

Die Zeit, welche zwischen je zwei auf einander folgenden Conjugationsepochen verstreicht, wird in Zusammenhang stehen mit der Reichlichkeit der Ernährung, die sich den aus der Conjugation hervorgegangnen Thieren bietet, denn jedenfalls scheint eine bedeutende Vermehrung der aus der Conjugation hervorgegangnen Thiere erst stattfinden zu müssen, bevor zu einer zweiten Conjugationsepoche geschritten werden wird.

Als eine eigenthümliche Erscheinung tritt uns nun hier die Thatsache entgegen, dass die gegen Ende der Theilungsepoche zur Conjugation schreitenden Thiere sich durch eine auffallende

Kleinheit auszeichnen*). Es möchte daher fast scheinen, als wenn nach einer gewissen Zeit die Fähigkeit der ausreichenden Ernährung und des damit zusammenhängenden Wachsthums eine Einbusse erlitte, während dennoch die Theilung ihren Weg in ziemlich gleichmässigem Tempo weiter fortsetze, denn ein Gesetz, dass die Theilung erst dann eintrete, wenn ein gewisses Maximum des Wachsthums überschritten werde, existirt bei den Infusorien nicht, worauf ich späterhin noch zurückkommen werde. Die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere, von welchen schon Stein hervorhebt, dass sie ein erhöhtes Nahrungsbedürfniss haben, hätten hingegen wieder die volle Kraft der Assimilation und die Fähigkeit raschen Wachsthums erlangt, eine Auffassung der allgemeinen biologischen Bedeutung der Conjugation, die mit der von Cinkowski gelegentlich geäusserten Ansicht über die Bedeutung dieses Vorgangs sich in gewisser Uebereinstimmung befände, wiewohl ich Cinkowski nicht vollständig beipflichten kann, wie dies späterhin noch näher zu besprechen sein wird.

Wie sich nun mit dieser Auffassung die mehrfach gemachte und oben erwähnte Beobachtung, dass sich Conjugationszustände gewöhnlich bald nach dem Einsammeln eines viele Infusorien enthaltenden Wassers einstellen, vereinigen lässt, muss ich leider vorerst noch unbeantwortet lassen. Möglicher Weise hängt diese Erscheinung damit zusammen, dass durch das Absterben einer Menge kleiner Thiere in einem solchen Wasser gewöhnlich eine reichliche Menge von Nahrung geschaffen wird, die eine rasche Vermehrung gewisser Infusorienarten hervorruft und so das Eintreten einer Conjugationsepoche beschleunigt.

3. Abschnitt. Methode der Untersuchung.

Stein bemerkt (68; p. 79): »Die Conjugationszustände gehören aber bei allen Infusionsthieren zu den seltnen Erscheinungen und wenn es schon schwer hält Theilungszustände aufzufinden, so gehört noch unendlich viel mehr Glück dazu, Conjugationsformen kennen zu lernen.«

Diese Sätze wird Jeder unterschreiben, der sich einmal mit dem mühsamen Aufsuchen von Conjugationszuständen beschäftigt hat. Ich habe dieses Citat Stein's noch besonders deshalb hier angeführt, um damit der Lückenhaftigkeit meiner Untersuchungen an mancher der später im Speciellen vorzuführenden Arten von vornherein ein entschuldigendes Wort zu widmen.

---

*) O. F. Müller hat (worauf auch schon Balbiani 66; p. 480, Anmerkung, hinwies) bei *Paramaecium Aurelia* schon beobachtet, dass es vorzüglich kleine Thiere sind, die sich der Länge nach vereinigt finden. Die bezüglichen Stellen finden sich in »Animalcula infusoria« p. 88 und lauten: »Haec cohaesio vix potest esse generatio per divisionem, cum nondum ad magnitudinem adultorum provecta essent« und »Vera dehinc copula est, Aureliaeque mature, et ante plenam magnitudinem, Veneri litare amant.«

Ein kurzes Eingehen auf die bei meinen Untersuchungen angewendeten, sehr einfachen Methoden halte ich für um so mehr gerechtfertigt, da, wie mir scheint, Stein die von Balbiani bei seinen Untersuchungen befolgte Methode gar nicht verstanden und daher bei seinen eignen Beobachtungen auch nicht angewandt hat, wodurch es sich namentlich erklärt, dass er, trotz vielfach wiederholter Untersuchung der Conjugationsprocesse, dennoch zu den irrthümlichsten Auffassungen kam.

Bekanntlich ist an den lebenden Infusionsthieren eine genaue Beobachtung des Nucleus häufig schon sehr schwer, die des Nucleolus dagegen meist unmöglich. Genauere Structurverhältnisse jedoch sind nur am isolirten Nucleus, beziehentlich Nucleolus zu erkennen oder doch erst nach Anwendung von Reagentien.

Wenn sich aber im Verlaufe der Conjugation bei einigen der zu besprechenden Arten Nucleus und Nucleolus vielfach getheilt haben und die Theilproducte durch das gesammte Endoplasma zerstreut sind, dann sind von diesen am lebenden Thier häufig nur bei der allerstärksten Abplattung Spuren wahrnehmbar, geschweige ein scharfes Auseinanderhalten der verschiedenen Producte und eine genaue Erkenntniss ihrer Structur.

Es ist daher absolut nothwendig eine grosse Zahl einzelner Paare und ihrer Descendenten zu untersuchen, um aus den so erhaltenen Resultaten, mit Hülfe der an lebendigen Thieren zu beobachtenden Veränderungen, die thatsächlich statthabenden Processe zu construiren. Vor allen Dingen ist es jedoch hierbei nothwendig sich zu versichern, dass man es wirklich mit auf einander folgenden Stadien zu thun hat, d. h. man darf nicht beliebig eingefangene Conjugationszustände untersuchen, sondern man muss, was namentlich das Wichtigste ist und wobei die grössten Täuschungen möglich sind, die nach der Trennung der Thiere statthabenden Veränderungen nur an solchen Individuen studiren, die man aus isolirten Paaren erhalten hat und an welchen man häufig auf viele Tage auszudehnende, fortlaufende Untersuchungen anstellen muss. Diesen einzig richtigen Weg der Untersuchung hat nun ohne Zweifel Balbiani eingeschlagen, obgleich er von seiner Züchtungsmethode der Infusionsthiere nicht viel spricht; er hielt dies Verfahren jedenfalls für zu natürlich um darüber viele Worte zu machen.

Stein ist er jedoch in dieser Hinsicht ganz unverständlich geblieben; Stein scheint gar nicht daran gedacht zu haben conjugirte Infusorien zu isoliren und die weiteren Veränderungen an ihnen durch allmälige und fortlaufende Untersuchungen zu constatiren. Dies geht ohne Zweifel aus den Bemerkungen hervor, mit welchen er die Angaben Balbiani's über die Zeitdauer der Conjugationen und die Zeit, in welcher die verschiedenen Veränderungen während und nach Aufhebung der Conjugation eintreten, begleitet. So bemerkt er zu der Angabe

Balbiani's, dass die Dauer der Conjugation bei den verschiedenen Infusorien zwischen 24 Stunden und 5—6 Tagen schwanke, »was ich ihm zu vertreten überlassen muss, da es mir an jedem Anhaltspunkt zu einer solchen Zeitbestimmung fehlt« (68; p. 77). Ein ähnlicher Gedanke liegt wohl auch jener Stelle zu Grund, wo er bei Besprechung der Balbiani'schen Schilderung der Conjugation von *Param. Aurelia* sagt: »Diesen Angaben gegenüber, die im Original dadurch einen noch gewaltigeren Eindruck von Zuverlässigkeit machen, dass die Veränderungen der Fortpflanzungsorgane genau nach Tag und Stunde beschrieben werden —«. Derartige Zeitangaben sind jedoch nicht so schwierig festzustellen und Stein lagen ja doch auch schon die Untersuchungen Engelmann's vor, der an Thieren, welche auf dem Objectträger gezüchtet wurden, seine Beobachtungen machte, welche er gleichfalls durch ganz genaue Zeitangaben bereicherte.

Will man die Dauer der Conjugation bestimmen, so muss man entweder zwei sich eben conjugirende Thiere abfangen, isoliren und sie bis zur Trennung verfolgen, oder, da man nicht gar häufig auf solche Paare stösst, so lässt sich eine ungefähre Schätzung der Conjugationsdauer auch wohl in der Weise erreichen, dass man eine grössere Anzahl conjugirter Paare isolirt und nun die Zeit feststellt, wenn sich das letzte Paar wieder trennt, denn es darf als wahrscheinlich vorausgesetzt werden, dass sich unter einer grösseren Anzahl von Paaren ein oder das andere befinde, das erst vor kurzer Zeit zur Conjugation geschritten ist.

Um fortlaufende Untersuchungen an lebenden Thieren zu machen, isolirte ich dieselben unter dem Deckgläschen auf dem Objectträger in wenig Wasser; um jedoch von den inneren Verhältnissen etwas zu sehen, müssen sie in gewissem Grade gepresst werden, was nur wenige Arten auf längere Zeit ertragen; hierher gehören die Paramäcien, Stylonichien und *Euplotes*. Ich versah das Deckgläschen mit Wachsfüsschen und presste dann so lange, bis gerade der hinreichende Druck auf das Infusor erreicht war. Um das Präparat aufzuheben, wurde es in die feuchte Kammer gesetzt, nachdem in den meisten Fällen durch Einführen von etwas Wasser unter das Deckgläschen der Druck auf das Thier aufgehoben worden war. Um es von neuem zu untersuchen, saugt man das überschüssige Wasser mit Löschpapier ab und bringt so den geeigneten Druck wieder hervor. Dennoch missglückt die längere Untersuchung eines Infusors oder conjugirten Paares in dieser Weise häufig genug, nur bei *Paramaecium putrinum* entwickelten sich auch die sehr gepressten Thiere ohne Störung.

Zu den fortlaufenden Untersuchungen mit Reagentien etc. isolirte ich gewöhnlich eine möglichst grosse Zahl conjugirter Paare in einem kleinen Uhrschälchen mit wenig Wasser, das Ganze wurde in einer kleinen feuchten Kammer aufbewahrt. Leider gelang es nur bei

einer beschränkten Zahl von Arten, die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere längere Zeit am Leben zu erhalten; hierher gehören hauptsächlich die Arten, welche in verdorbenem Wasser zu leben nicht verschmähen, so *Param. Aurelia*, *Bursaria*, *putrinum, Stylonichia*, *Euplotes Charon*, *Colpidium Colpoda;* dagegen starben schon sehr bald nach der Aufhebung der Conjugation ab: *Bursaria truncatella*, *Condylostoma Vorticella*, *Blepharisma lateritia*, *Cyrtostomum leucas* und *Glaucoma scintillans*, hauptsächlich aus Mangel an geeigneter Nahrung, wie ich vermuthe. Bei den erstgenannten Infusorien lässt sich die Nahrung leicht durch ein wenig zugefügte Muskelfaser ersetzen; die letzgenannten Thiere jedoch ertragen eine solche Nahrung und ein in dieser Weise verdorbenes Wasser nicht.

Im hängenden Tropfen untersuchte ich nicht, da diese Methode unter den vorliegenden Verhältnissen jedenfalls keine guten Resultate geliefert hätte.

Häufig ereignet es sich, dass die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere ihren Leib so voll Nahrungsballen pfropfen, dass die Nuclei etc. nur schwer sichtbar sind, zumal eine Verwechselung der Nahrungsballen mit Nucleusbruchstücken leicht möglich ist; unter diesen Umständen empfiehlt es sich, die zu untersuchenden Thiere erst einige Zeit vor der Untersuchung in reinem Wasser hungern zu lassen, wo sie sich dann bald der Speiseballen völlig entledigen. Auch die Färbung mit ammoniakalischer Carminlösung kann zur Unterscheidung der Speiseballen von den Nucleusbruchstücken etc. sehr wesentliche Dienste leisten, da sich nämlich die ersteren meist nicht, die letzteren hingegen intensiv färben.

Wo es irgend möglich ist, muss man die Nucleusproducte etc. auch isolirt untersuchen, indem man das Thier zerstört, zerfliessen lässt, wie der Kunstausdruck sagt. Ich bewerkstelligte dies meist am besten so, dass ich in der erwähnten Weise das Infusor unter dem Deckgläschen durch einen gelinden Druck festlegte und dann unter dem Mikroskop mit der Nadel auf das Deckgläschen einige Male drückte, bis die bekannten Sarcodetropfen am Rande des Thieres auftraten, worauf dann das Zerfliessen, bei hiezu überhaupt geneigten Infusorien, bald vollständig erfolgt. Häufig ist es dann noch von Vortheil durch vorsichtiges Zufliessenlassen von etwas Wasser unter das Deckgläschen dessen starke Pression aufzuheben.

Das hauptsächlichste Reagenz bleibt auch hier die Essigsäure, von der ich gewöhnlich eine zu 1% verdünnte anwandte; unter Umständen empfiehlt es sich jedoch auch die Wirkung viel concentrirterer Säuren zu studiren. Die Behandlung mit diesem Reagenz geschah immer vor den Augen des Beobachters unter dem Mikroskop, nachdem das zu untersuchende Infusor möglichst comprimirt worden war. Der Hauptkunstgriff hierbei besteht darin, den Zusatz von Essigsäure durch gleichzeitiges Wegnehmen von Wasser auf der anderen Seite des Deck-

gläschens so zu reguliren, dass die Compression des Infusors hierbei nicht aufgehoben wird. Nur in dem letztern Fall zeigen sich feinere Verhältnisse, namentlich bei den etwas grösseren Infusorien deutlich, hat man jedoch einmal mit Essigsäure behandelt, so lässt sich eine weitere Compression nicht mehr vornehmen, da hierbei alle feineren Structurverhältnisse ruinirt werden.

4. Abschnitt. Bemerkungen über das Vorkommen und den Bau der Nucleoli und des Nucleus, sowie über deren Verhalten während der Theilung.

Der Nucleus der Infusorien — Ehrenberg's männliche Geschlechtsdrüse, der Zellkern der Anhänger der Einzelligkeitslehre, Balbiani's Ovarium und auch für Stein*) dasjenige Organ, aus welchem sich die Keime neuer Thiere im Laufe der Conjugation hervorbilden, daher nach Claus ein Keimstock vom Werthe einer endogenen Zelle — dieser Nucleus ist seiner Bauweise nach ein im Grossen und Ganzen sehr einfaches Gebilde. Er lässt sich wohl ausreichend und mit wenigen Worten, als ein von einer zarten Membran umschlossener, vor dem Leibesprotoplasma des Infusors durch seine grössere Dichte sich auszeichnender Protoplasmakörper, charakterisiren. Er macht daher im lebenden Infusor nicht etwa den Eindruck eines helleren Flecks, sondern umgekehrt den eines matteren und etwas dunkleren.

Diese Eigenthümlichkeit des sogenannten Nucleus der Infusorien ist deshalb nicht unwichtig, weil die Kerne der thierischen Zellen in der Form, in welcher sie gewöhnlich zur Anschauung kommen, ein sehr verschiedenes Verhalten zeigen. Diese Körper zeichnen sich bekanntlich durch grosse Helligkeit gegen ihre Umgebung aus, was daher rührt, dass man sie im Allgemeinen als weniger dicht, als das sie umgebende Protoplasma auffassen muss, eine Erscheinung, die jedoch nicht etwa so verstanden werden darf, dass etwa diese Gebilde durch eine reichliche Wasseraufnahme sehr gequollen seien, sondern Flüssigkeit und Kernmaterie sind in den Kernen der Gewebezellen von einander geschieden. Die eigentliche Kernmaterie (Hülle und Inhaltskörper) besteht aus einem verhältnissmässig sehr dichten Protoplasma; der Eindruck der grossen Helligkeit des thierischen Zellkerns beruht darauf, dass zwischen Hülle und Binnenkörper reichliche Mengen von Flüssigkeit angesammelt sind.

Diese bemerkenswerthe Differenzirung der Kerne thierischer Gewebezellen ist nun eine Erscheinung, die den sogenannten Nuclei der Infusorien fast durchgängig fehlt oder doch nur in wenig hervortretender Weise angedeutet ist.

---

*) Noch 1859 bezeichnete Stein (67; p. 54) ihn als »ein drüsenartiges Organ ohne Ausführungsgänge.«

In den weitaus meisten Fällen bestehen dieselben aus einer gleichmässigen, schon im Leben deutlich feiner oder gröber granulirten bis faserigen Masse, deren feinere Structur nach der Gerinnung durch Einwirkung von Wasser oder verdünnten Säuren noch viel deutlicher hervortritt.

Wie gesagt ist dieser Protoplasmakörper von einer Membran umschlossen, die sich am lebenden Nucleus jedoch nur selten mit einiger Deutlichkeit wahrnehmen lässt; dennoch sah ich sie recht gut bei *Stylonichia Mytilus.* Sie liegt dem eigentlichen Nucleuskörper dicht auf, doch liess sich bei *Stylonichia* und den Vorticellen nachweisen, dass sie von demselben im lebenden Zustand schon durch einen hellen, sehr schmalen Hof (ohne Zweifel Flüssigkeit) getrennt wird. Nach der Isolation des Nucleus im Wasser oder bei der Application verdünnter Essigsäure hebt sie sich leicht und gleichmässig ab und wird dann sehr gut sichtbar. Diese Membran macht den Eindruck eines sehr zarten, homogenen Häutchens, welches sich durch längere Einwirkung von Wasser oder verdünnter Säure allmälig löst. Sie lässt sich nun aber nicht mit der sogenannten Hülle der thierischen Zellkerne vergleichen, wie schon R. Hertwig sehr richtig bemerkte (75; p. 73). Diese letztere verhält sich immer nach Zusatz von Essigsäure wie ein deutliches Gerinnungsproduct, von sehr dichtem und dunkelglänzendem, dem der Binnenkörper völlig gleichenden Aussehen, auch macht sie meist nicht den Eindruck einer gleichmässigen zarten Haut, sondern ist knotig, ja zuweilen erinnert ihr Aussehen sehr an das einer Perlenschnur. Dagegen lässt sich die Hülle des Infusoriennucleus, wie ich hier vorgreifend bemerken will, mit der zarten Hülle vergleichen, die ich noch um die sogenannte Kernmembran bei den Kernen der rothen Blutkörperchen des Frosches auffand und auf welche ich bei andern Kernen späterhin noch zurückkommen werde.

Nicht immer wird jedoch der Protoplasmakörper des Nucleus von einer so gleichmässig feingranulirten Masse gebildet, wie z. B. stets bei *Param. Aurelia*, sondern es bilden sich häufig oder bei manchen Arten nahezu regelmässig, in seinem Innern Differenzirungen verschiedener Art. Ich sagte, dass diese Bildungen durch Differenzirung hervorgehen, da man, wenn man die Lebensgeschichte eines Infusors näher verfolgt, zu beobachten Gelegenheit hat, wie dieselben in einem ursprünglich gleichartigen Nucleus entstehen und dass andererseits der Nucleus zu gewissen Zeiten auch wieder aus diesem differenzirten Zustand in einen durch seine ganze Masse gleichartigen übergeht.

Schon der durch seine ganze Masse gleichartige Nucleus zeigt hie und da eigenthümliche Differenzirungen. Bei *Cyrtostomum leucas* wird er von lauter kleinen matten Kügelchen, die in eine helle Masse eingebettet sind, zusammengesetzt, wodurch er ein nahezu wabenartiges Aus-

sehen erhält (Taf. IX Fig. 18); bei *Bursaria truncatella* fand ich ihn im lebenden Thier durchaus eigenthümlich faserig-knotig (Taf. XI Fig. 6), nach Behandlung mit 1 % Essigsäure erschien er grob granulirt. Ungemein häufig trifft man ihn durchaus feinfaserig bei *Epistylis flavicans*, ohne dass ein Theilungsprocess im Gange wäre, wobei er, wie sogleich zu beschreiben sein wird, diese Structur regelmässig annimmt.

Die gewöhnlichsten Differenzirungsvorgänge im Nucleus bestehen nun darin, dass sich locale Verdichtungen seiner Masse bilden. Dadurch entstehen dunkle Körperchen, die ganz regelmässig durch den Nucleus vertheilt sein können und um welche man häufig noch je eine schmale helle Zone beobachtet. In dieser Weise entsteht dann der Bau des Nucleus, welchen Wrześniowski und ich (78) früherhin schon etwas eingehender geschildert haben*). Solche Nuclei trifft man bei vielen *Oxytrichinen*, *Stentor*, *Spirostomum* etc., jedoch nicht immer. Bei vielen Infusionsthieren werden jedoch diese verdichteten Nucleuspartien viel grösser, so dass dann der Nucleus das Aussehen einer gleichmässig granulirten Masse bietet, in der zahlreiche dunklere und mannigfaltig gestaltete, bruchstückartige Körper unregelmässig vertheilt sind. Dieser früherhin schon häufig beschriebene Bau des Nucleus findet sich fast immer bei *Paramaecium Bursaria* und *Prorodon teres*, häufig auch bei *Param. putrinum*, vielen Vorticellinen und anderen Infusorien.

Einige nicht uninteressante Erscheinungen zeigen sich in Bezug auf diese Nucleuseinschlüsse bei *Param. Bursaria*; während nämlich hier die Einschlüsse gewöhnlich durch den ganzen Nucleus vertheilt sind (Taf. IX. Fig. 4), trifft man sie auch manchmal zu einem Haufen im Centrum des Nucleus zusammengehäuft und andrerseits stösst man auch auf Thiere, die gar keine einzelnen Bruchstücke mehr enthalten, statt deren jedoch einen grossen, dunkeln Körper von nahezu homogener Beschaffenheit (Taf. IX. Fig. 5). Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich auch im Nucleus von *Epistylis flavicans* nach Greeff (73), was ich nach eigenen Erfahrungen bestätigen kann. Es scheint mir aber wahrscheinlicher, dass der grosse dunkle Körper im Nucleus aus der Verschmelzung der vielen kleinen hervorgeht, nicht umgekehrt, wie Greeff will und es steht diese Erscheinung wohl im Zusammenhang mit später zu besprechenden Umwandlungen des Nucleus während der Theilung. Häufig zeigen jedoch die, durch Verdichtung

*) Ich muss es als ein auffallendes Missverständniss bezeichnen, wenn Pagenstecher (vergl. Allgemeine Zoologie. 1. Theil, p. 70) mir zuschreibt, dass ich selbst die Kerne der Infusorien für mehrzellig erklärt habe. In derselben kleinen Abhandlung, wo ich die oben erwähnte Structur der Kerne näher beschrieb, welche diesen sonderbaren Ausspruch Pagenstecher's veranlasste, bekannte ich mich zum Schluss in nicht misszudeutender Weise als Anhänger der Einzelligkeitslehre der Infusorien.

und wohl auch Ausscheidung in der Nucleusmasse entstandenen, dunklen Körperchen selbst noch eine weitere Differenzirung. Dieselbe besteht gewöhnlich darin, dass sich in ihnen eine Vacuole bildet, die schliesslich sich so ausdehnen kann, dass statt des früheren dunklen Körperchens jetzt ein helles Bläschens mit dunkler Hülle vorhanden ist. In solcher Weise sind häufig die Einschlüsse in den Nuclei der Oxytrichinen und Vorticellinen beschaffen, welche Veranlassung zu so mannigfachen falschen Deutungen gegeben haben. Balbiani fasst alle diese Bläschen als Keimbläschen in der als Dotter gedeuteten Substanz des Nucleus auf; Claparède und Lachmann, sowie Engelmann vermutheten in diesen Einschlüssen sich entwickelnde Embryonalkugeln und Greeff glaubt gleichfalls noch an der Ansicht festhalten zu dürfen, dass sie mit der Fortpflanzung in Beziehung ständen.

Zuweilen differenziren sich die Nucleuseinschlüsse auch in der Weise, dass sie in einen centralen Theil und eine Hülle zerfallen, zwischen welchen sich nun Flüssigkeit ansammelt, so dass also ein Bläschen entsteht, welches ein dunkles Binnenkörperchen enthält. Auch diese Art der Einschlüsse sah ich bei Vorticellinen; so scheint mir aber auch das helle Bläschen mit dem dunklen Binnenkörperchen im Nucleus von *Chilodon* und seiner Verwandten entstanden zu sein, welches Balbiani als Zellkern betrachtet und daher den Nucleus dieses Infusors als eine Eizelle aufzufassen dürfen glaubt. Neben diesem Bläschen bemerkt man jedoch im Nucleus von *Chilodon cucullulus* meist noch ein kleines Bläschen mit dunklen Wandungen und ausserdem liegen in der Aussenschicht des Nucleus gewöhnlich eine Anzahl nach Innen halbkuglich vorspringender, dunkler Verdichtungen, die man jedoch auch zuweilen als allseitig abgerundete, isolirte Körper in der Aussenzone des Nucleus antrifft*).

In ähnlicher Weise wie die Bildung der bläschenförmigen Einschlüsse, erklärt sich auch die Entstehung der so häufig beschriebenen, spaltförmigen Höhle in den Nuclei der Oxytrichinen. Nach der Theilung oder bei der Neubildung des Nucleus (nach der Conjugation) hat man Gelegenheit ihre Entstehung zu beobachten. Es bildet sich zuerst eine quere Verdichtung, eine Art dichterer Scheidewand, in der dann später eine spaltförmige, mit heller Flüssigkeit erfüllte Höhle entsteht, die demnach von dunklen Rändern eingeschlossen wird. Gegenüber Balbiani, der es leugnet, dass hier ein Spalt vorliege und die Erscheinung als eine Vorbereitung zu dem später statthabenden Zerfall des Nucleus in zwei vermeintliche Eier betrachtet, muss ich mich mit Engelmann der von Stein gegebenen Schilderung dieser Einrichtung anschliessen, indem ich noch die interessante Eigenthümlichkeit hervorhebe, dass die Nucleusmembran mit dieser

*) Schon von Dujardin und später Claparède und Lachmann beobachtet (vgl. 61; p. 335—36).

Verdichtung des Nucleus in festem Zusammenhang steht, sich daher am isolirten Nucleus nicht allseitig abhebt (Taf. XV. Fig. 4). Mit dem Zerfall der Nuclei während der Conjugation hat jedoch diese Einrichtung, die auch bei jeder Theilung verschwindet, nichts zu thun.

Eine besonders interessante Beschaffenheit haben die Nuclei von *Loxodes Rostrum*, die sich vielleicht noch am meisten mit den Kernen ächter Zellen vergleichen lassen. Der Bau der Kerne dieses Infusor's ist neuerdings von Wrześniowski geschildert worden (99), ich kann jedoch mit ihm nicht in allen Punkten übereinstimmen. Er fand an den zahlreichen Kernen keine Membran, dagegen beobachtete ich eine solche nach Isolation der Kerne und Wassereinwirkung stets sehr deutlich (Taf. XIV. Fig. 10) als ein zartes Häutchen. Innerhalb desselben folgt zunächst eine körnige Schicht oder Zone von grösserer oder geringerer Dicke, zuweilen auch einseitig mehr verdickt. Innerhalb dieser Zone liegt in einer mit Flüssigkeit erfüllten Höhle ein dunklerer und homogener Binnenkörper, der dieselbe fast völlig erfüllt. Manchmal, namentlich nach Färbung, sah ich mit ziemlicher Deutlichkeit viele zarte Fasern von dem Binnenkörper entspringen und sich in der äussern, körnigen Zone verlieren (Taf. XIV. Fig. 10). Nach Behandlung mit Essigsäure verdichtet sich diese äussere Zone beträchtlich und nimmt häufig sehr deutlich das perlschnurartige, gekörnte Aussehen der Kernhülle vieler ächter Zellkerne an*).

---

*) Ich füge hier einige Bemerkungen über den Bau der Kerne von *Actinosphaerium Eichhorni* und der *Amoeba princeps* bei, von welchen die ersteren sehr interessante Beziehungen zu den oben beschriebenen Kernen des *Loxodes* und gewissen Zuständen der Umbildung der *Nucleoli* mancher Infusorien während der Conjugation zeigen.

Die Kerne des *Actinosph.* zeigen nach Behandlung mit 1 % Essigsäure immer eine ziemlich dicke, dunkelglänzende Hülle von derselben materiellen Beschaffenheit wie die Binnenkörper. Häufig zeigt diese Hülle das schon früher für die Kerne der rothen Blutkörperchen etc. geschilderte, knotige Aussehen. Die Binnenkörper, welche gewöhnlich als Kernkörper bezeichnet werden, repräsentiren sich nach Behandlung mit Essigsäure in sehr verschiedner Weise. Häufig findet sich nur eine centrale Masse von unregelmässigen Umrissen und fein- bis grobgranulirter Beschaffenheit oder diese Masse ist mehr verdichtet und ziemlich homogen; andrerseits zerfällt sie häufig in eine mehr oder weniger bedeutende Zahl kleinerer Massen oder Körper, welche die schon früher häufig gesehenen Zustände mit multiplen *Nucleoli* repräsentiren. Einige Male stiess ich auch auf Thiere, bei welchen die Binnenkörper die Kernhülle nahezu völlig ausfüllten. (Vergl. Taf. XIV. Fig. 11—14). Bei genauem Zusehen lässt sich fast immer constatiren, dass von der Binnenmasse der Kerne eine grosse Menge zarter Fäden entspringen, die allseitig radial nach der dunklen Hülle ausstrahlen und sich mit dieser verbinden (vergl. die ähnlichen Entwicklungszustände der *Nucleoli* von *Stylonichia Mytilus* und *Bursaria truncatella*, sowie die interessanten Kernformen, die Eimer bei Beroë beschrieb, Zool. Stud. auf Capri I. T. VIII, fig. 82 b, c). Mehrfach glaubte ich mich mit Sicherheit noch von einer besonderen, sehr zarten Kernmembran überzeugt zu haben, welche die dunkle Hülle äusserlich umgibt. (Ueber die früheren Beobachtungen der Kerne von *Actinosph. Eichhorni* vergl. namentlich Greeff, Arch. f. mikr. Anatomie Bd. III. p. 396; Hertwig und Lesser [76], sowie F. E. Schultze [84]).

Ein zweiter Punkt, bezüglich dessen ich mich mit Wrześniowski nicht in Uebereinstimmung befinde, ist der Zusammenhang der zahlreichen Kerne des *Loxodes* untereinander. Er beschreibt einen feinen Verbindungsstrang zwischen den einzelnen Kernen, der sich mittels ammoniakalischer Carminlösung nicht, dagegen durch Jodlösung färben lasse. Stein (68) und selbst Balbiani (66), welch' letzterer doch sonst überall die verbindenden Stränge zwischen den Kernen gesehen haben will, geben an: dass sie bei *Loxodes Rostrum* vergeblich darnach gesucht haben. Ich gab mir viele Mühe bei unserem Thier etwas von dieser Verbindung der Kerne nachzuweisen, doch ist mir dies weder durch Zerfliessenlassen des Thieres, noch durch Färbung geglückt; die Kerne sind immer ganz isolirt von einander.

Hingegen habe ich bei den Stylonichien, wo Balbiani die beiden Kerne in einem gemeinsamen Schlauch eingeschlossen sein lässt, vielfach mit Deutlichkeit einen sehr zarten, verbindenden Strang zwischen den Kernen gesehen, der in einer Fortsetzung ihrer Kernhüllen bestand (Taf. XV. Fig. 4). Obgleich sich nun dieser Verbindungsstrang nicht in allen Fällen wahrnehmen lässt, so zweifle ich dennoch nicht, trotz der entgegenstehenden Angaben Stein's, dass derselbe eine regelmässige Erscheinung ist, welche uns eine Erklärung für die Verschmelzung der beiden Kerne vor der Theilung gibt.

Balbiani (64) hat zuerst eingehender gezeigt, dass die beiden Nuclei der Oxytrichinen mit dem Eintreten der Theilung zu einem einzigen Nucleus verschmelzen, ebenso wie sich die mannigfaltig gestalteten, langgestreckt band- oder rosenkranzförmigen Nucleusformen der Vorticellinen, Euplotinen, Spirostomen, Stentoren etc. in Vorbereitung zu der Theilung zu einem mehr oder weniger abgerundeten Körper concentriren. Stein zieht die Regelmässigkeit dieses Vorgangs bei

---

Die Kerne der *Amoeba princeps* Ehrbg. repräsentiren uns einen anderen Typus; dieselben zeigen, wie schon durch die Untersuchungen von Wallich und Carter bekannt ist (89 u. 90), eine sehr zarte, jedoch ungemein deutliche Hülle, von derselben gleichmässigen nnd zarten Beschaffenheit wie die Hülle der *Nuclei* und *Nucleoli* vieler Infusorien. Nach Isolirung der Kerne in Wasser hebt sich diese, schon im lebenden Organismus sehr bemerkliche Hülle ab und ist ungemein leicht sichtbar. Dicht unterhalb dieser Hülle findet sich eine Zone eigentlicher Kernsubstanz, welche nach Zusatz von Essigsäure (1%) tief dunkel und glänzend wird; sie ist zu unregelmässigen Knötchen und Fädchen verdichtet und local angeschwollen. Das eigentliche Kerninnere wird von Flüssigkeit erfüllt. (Vergl. die Taf. XII, Fig. 19—20). Nur einmal traf ich ein Thier, dessen mittelgrosse Kerne noch einen centralen, sehr ansehnlichen dunklen und fein granulirten Binnenkörper enthielten. Ihrem Bau nach schliessen sich diese Kerne wohl zunächst an die der *Amoeba terricola* und *violacea* Greeffs an (vergl. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. III. p. 299. Taf. XVII und XVIII); man vergleiche jedoch auch die später zu schildernden *Nucleoli* von *Nassula ornata* Ehrbg. und *Trachelius ovum*, sowie die früher gegebene Schilderung der Kerne der rothen Blutkörperchen von Rana und Triton. Die dunkle Kernhülle dieser letzteren entspricht ohne Zweifel der Zone der eigentlichen Kernsubstanz der beschriebnen Amoebenkerne, was mich in der früher ausgesprochenen Ansicht bestärkt, dass auch ein Homologon der zarten äussern Hülle der Kerne von *Amoeba princeps* bei denen der Blutkörperchen sich finde.

den Oxytrichinen mit Unrecht in Zweifel (68). Er hat selbst zuerst (67) diese Verschmelzung der beiden Nuclei bei *Stylonichia Mytilus* nachgewiesen, glaubte aber, dass dieser Process die Einleitung zu der Bildung einer besonderen Varietät einkerniger Thiere, einer Geschlechtsgeneration, sei. Er habe nämlich daneben auch eine Art der Theilung beobachtet, wo sich jeder Nucleus besonders theile Das von Stein jedoch abgebildete Thier (67; Taf. VI. Fig. 4) mit zwei sich theilenden Nuclei scheint mir keineswegs beweisend zu sein, denn gewöhnlich findet die Verschmelzung der Nuclei schon zu einer Zeit statt, wo äusserlich von einer Einschnürung des Leibes der *Stylonichia* noch gar nichts zu sehen ist, so dass also die in Fig. 4 abgebildeten in Theilung begriffenen Nuclei eines Thieres, das schon eine deutliche, wiewohl schwache Einschnürung zeigt, wohl erst durch Theilung des verschmolzenen, einfachen Nucleus entstanden sein können. Abnorm hingegen ist die Fig. 3 Taf. VI bei Stein (67), denn ich fand regelmässig bei so weit fortgeschrittener Theilung nie mehr einen einfachen verschmolzenen Nucleus, wie ihn diese Abbildung zeigt, sondern immer schon die vier Nuclei der beiden Theilsprösslinge. Diese Auslegung der Stein'schen Beobachtungen ist mir um so wahrscheinlicher, da Stein, als er seine Untersuchungen anstellte, sich über die Bedeutung des Verschmelzungsprocesses der Nuclei nicht klar war. Alle von mir gesehenen Theilungszustände von *Stylonichia* bestätigten hinsichtlich des Verhaltens des Nucleus die Balbiani'sche Darstellung dieses Vorganges; dagegen sah ich nie eine Form, welche die Annahme unabweisbar gemacht hätte, dass, wie Stein will, die beiden Nuclei sich auch ohne vorherige Vereinigung zu theilen vermöchten.

Eine höchst interessante, bislang kaum betonte Erscheinung zeigt sich jedoch bezüglich der feinen Structur der in Theilung begriffenen Nuclei einer Reihe von Infusorien. Wie schon seit früher bekannt, ist der Nucleus der Stylonichien während seiner Theilung durch seine ganze Masse hin gleichmässig; schon Stein bemerkt (67; pag. 154), dass die queren Höhlen den in der Theilung begriffenen Nuclei fehlten; auch zeigen seine sämmtlichen Abbildungen von in Theilung begriffenen Stylonichien, dass sich während dieses Vorgangs keine Einschlüsse irgend welcher Art im Kern finden. Dagegen ist nun aber der durch die Verschmelzung der beiden früheren Nuclei hervorgegangene, zur Theilung sich anschickende Nucleus auch nicht gleichmässig feinkörnig, sondern er besitzt eine sehr feinfaserige, jedoch recht deutliche Structur, welche von der, nach Zusatz von Essigsäure, grobkörnigen Structur der gewöhnlichen Nuclei sehr auffallend abweicht. Diese sehr eigenthümliche Structur der Nucleussubstanz erhält sich in gleicher Deutlichkeit bis die Theilung des einfachen Nucleus zu den vieren der beiden zukünftigen Thiere vollzogen ist (Taf. XV. Figg. 5—6). Wenn der Zerfall in zwei Theilstücke schon vor sich gegangen ist, sah ich dieselben mehrfach noch sehr deutlich durch einige solcher

Nucleusfasern in Zusammenhang stehen (Taf. XI. Fig. 1—2). Die einzelnen Theilstücke gleichen in ihrem Aussehen häufig völlig einem verworrenen Knäuel Bindfaden. Nach vollendeter Theilung verschwindet diese Structur wieder und macht der gewöhnlichen Platz.

Ganz dasselbe zeigt nun auch der Kern von *Param. Bursaria* während seiner Theilung. Von den früheren Einschlüssen ist gar nichts mehr sichtbar, der ganze Kern ist gleichmässig und sehr fein längsfaserig (Taf. IX. Fig. 6). Das gleiche Verhalten zeigt dann ebenso der Kern des *Param. putrinum* während seines im Gefolge der Conjugation eintretenden Zerfalles. Vortrefflich und auch am lebenden Thier ist die faserige Structur des Nucleus der Vorticellen während der Theilung zu beobachten (z. B. bei *Vorticella nebulifera* und *Carchesium polypinum*). Doch deuten auch einige frühere Beobachtungen darauf hin, dass diese Structur den in Theilung begriffenen Nuclei der Infusorien allgemeiner zukommt. So bemerkt Balbiani (66), dass der Nucleus von *Urostyla grandis* während der Theilung ein eigenthümliches längsgestreiftes Aussehen habe, welches er auf Faltungen seiner Membren zurückführt; ebenso bemerkt auch Stein, dass er bei *Urostyla grandis* mehrmals bei einem in der Quertheilung begriffenen Individuum einen Nucleus beobachtet habe, »der aus einer sehr lichten, fein und dicht wellenförmig gestreiften und gekräuselten Substanz bestand« (67; pag. 199, Taf. XIII. Fig. 10). Von *Didinium nasutum* berichtet Engelmann: »bei der Quertheilung von *Didinium* nimmt der Kern eine langgestreckte Gestalt an, rückt in die Längsaxe des Thieres und erhält ein ganz längsstreifiges Aussehen, etwa wie die Nucleolus der Oxytrichinen und der Nucleus von *Urostyla grandis* während der Quertheilung. Nach der Quertheilung verschwinden die Streifen wieder.« (110, pag. 376.)*)

Dass nun hier ein ganz allgemein verbreitetes Verhalten vorliegt, ergibt sich mit Sicherheit daraus, dass ich ganz dieselbe Umwandlung der körnigen Nucleussubstanz in eine verworren fasrige auch bei der Bildung des Schwärmsprösslings der *Podophrya quadripartita* Cl. und L. beobachtet habe, wo ein Theil des faserigen Nucleus sich abschnürt und zum Nucleus des Schwärmsprösslings wird. Hier liess sich der Umwandlungsprocess des Nucleus am lebenden Thier genau verfolgen und constatiren, dass die feinen Nucleuskörner in die Fasern auswachsen.**) Nur bei dem ganz gleichmässig feinkörnigen Nucleus von *Param. Aurelia* habe ich bis jetzt die faserige Structur während der Theilung nicht finden können.

---

*) Balbiani gibt in seiner neuen Arbeit über *Didinium nasutum* (101) nichts von einer derartigen Structur des Nucleus an; jedoch hat er wohl seine Aufmerksamkeit nicht speciell auf diesen Punkt gerichtet.

**) Vergleiche die nähere Darstellung dieser Vorgänge in der Jenaischen Zeitschr. für Med. u. Naturwissenschaften. 1876. »Ueber die Entstehung des Schwärmssprösslings der *Podophrya quadripartita.*« Auch bei *Arinetamystacina* Ehrbg. habe ich die gleiche Metamorphose der Nucleussubstanz während der Theilung beobachtet.

Diese Umwandlung der Nucleusstructur während der Theilung ist um so interessanter, als sich ja eine faserige Differenzirung auch bei der Theilung der sogenannten Nucleoli der Infusorien zeigt und wir fernerhin eine Faserbildung bei der Theilung ächter Zellkerne eine so merkwürdige Rolle haben spielen sehen.

Die sogenannten Nucleoli der Infusorien, die männlichen Geschlechtszellen Balbiani's und auch nach Stein die Organe für die Entwicklung der Spermatozoën, sind bei den Infusorien bei weitem nicht so allgemein nachgewiesen, als dies für die Nuclei der Fall ist. Diese Thatsache hat übrigens von vornherein nichts so Auffallendes, wenn man die grossen Hindernisse in Betracht zieht, welche sich der Auffindung so kleiner, durch keine besonders auffallenden Charactere ausgezeichneter und mit sonstigen Inhaltstheilen des Infusorienplasmas leicht zu verwechselnder Körperchen entgegenstellen. Erleichtert wird ihre Auffindung meist durch den Umstand, dass sie dem oder den Nuclei gewöhnlich dicht anliegen oder sogar etwas in dieselben eingesenkt sind. Sollte es jedoch bei gewissen Infusorien der Fall sein, dass sie in dem Plasma zerstreut sind und dies ist in der That so, so muss es sehr schwer sein, diese unscheinbaren Körperchen aufzufinden und sie von anderen zufälligen Einschlüssen des Plasmas zu unterscheiden.

Ueber das Vorkommen der Nucleoli sind daher die verschiedenen Beobachter auch keineswegs einig. Stein führt eine sehr stattliche Reihe von Infusorien auf, bei denen es ihm nicht geglückt ist einen Nucleolus zu finden, bei welchen jedoch zum Theil Balbiani und Engelmann die Nucleoli beobachtet haben.

In erster Reihe fungiren hier die Vorticellen; unter diesen hat Balbiani bei *Epistylis grandis* und *digitalis*, *Opercularia nutans*, *Carchesium polypinum* und *Cothurnia imberbis* den Nucleolus erkannt (66). Stein (68) glaubt aus verschiedenen Gründen die Existenz eines Nucleolus bei den Vorticellen in Abrede stellen zu müssen; bei *Carchesium polypinum, Epistylis digitalis* und *Opercularia nutans* konnte er keinen Nucleolus finden. Dem entgegen stehen jedoch die Angaben eines so vortrefflichen Beobachters wie Engelmann (110; p. 368), der bei *Carchesium polypinum, Epistylis flavicans* und *digitalis*, sowie *Vorticella Convallaria* den Nucleolus mit Sicherheit auffinden konnte. Auch Kölliker hat den Nucleolus einer Vorticelle beschrieben und abgebildet (92; p. 18. Taf. I. Fig. 21).

In den neueren Arbeiten von Greeff (73) und Everts (74) über Vorticellen wird eines Nucleolus mit keinem Wort erwähnt.*) Ich habe den Nucleolus mit völliger Sicherheit bei

*) In seiner Mittheilung in den Sitzungsberichten der niederrheinischen Gesellschaft zu Bonn 1870, p. 197 hebt Greeff ganz besonders hervor, dass sich bei *Epistylis flavicans* kein Nucleolus finde; derselbe ist jedoch bei dieser Vorticelline am allerleichtesten nachweisbar.

allen Vorticellen, die ich bis jetzt näher zu untersuchen Gelegenheit hatte, zu constatiren vermocht, so bei *Vorticella nebulifera*, *Carchesium polypinum*, *Epistylis plicatilis*, *flavicans* und *digitalis*, sowie *Opercularia articulata*.*)

Bei *Spirostomum ambiguum* und *Trachelius ovum*, bei welchen Infusorien nach Balbiani die Nucleoli erst in Folge der Conjugation sich entwickeln sollen, habe ich ihre Gegenwart auch in den nicht conjugirten Thieren erkannt. Ich fand sie ferner bei *Bursaria truncatella*, *Loxophyllum meleagris* und einem grossen *Dileptus* mit rosenkranzförmigem Nucleus, den ich für eine Varietät des *Dileptus gigas* Clap. und Lachm. halte. Für *Loxodes*, wo Stein die Nuclei gleichfalls vermisste, kann ich den durch Wrześniowski gelieferten Nachweis bestätigen.

Balbiani sieht eine Regelmässigkeit darin, dass jedem einfachen Nucleus oder jedem Glied eines rosenkranzförmigen Nucleus ein besonderer Nucleolus entspreche, wie er denn überhaupt von der Gleichmässigkeit der Ausbildung der beiden Geschlechtsapparate überzeugt ist und auf diese Voraussetzung hin auch annimmt, dass die sämmtlichen Nucleoli eines Infusors in einem gemeinsamen Schlauch eingeschlossen seien.

Eine solche Regelmässigkeit im Sinne Balbiani's existirt aber keineswegs, worauf schon einige Beobachtungen Engelmann's deutlich hinweisen. Dieser Forscher fand dem einfachen Nucleus von *Cyrtostomum leucas* constant drei Nucleoli anliegen. Ich kann das Vorkommen mehrfacher Nucleoli bei diesem Infusor bestätigen, jedoch herrscht hinsichtlich der Zahl derselben

---

*) Nach Leydig sollen sich in der Rindenschicht des Vorticellenleibes eine grosse Anzahl sehr kleiner Nuclei finden (Vergl. »Vom Bau des thierischen Körpers.« Tübingen 1864, p. 17 u. f.). Diese Körperchen sind mir wohlbekannt, sie finden sich in einer einfachen Schicht in dem dünnen Ectoplasma, dessen Hauptbestandtheil sie bilden. Dass sie jedoch ganz und gar nichts mit Kernen zu thun haben, kann keiner Frage unterliegen, wie dies auch schon die Ansicht Greeff's ist (73). Unter sich sind diese Körperchen nämlich nicht isolirt, sondern stehen durch zarte Fädchen in Verbindung, so dass eine Einrichtung erzielt wird, die sehr an den von Heitzmann beschriebenen Bau des Protoplasma's erinnert. Dazwischen sieht man noch hie und da derartige Fädchen auf längere Strecken isolirt verlaufen, die Muskelfasern Greeff's. Soweit ich mir bis jetzt durch eigene Untersuchungen ein Urtheil zu bilden vermochte, stehen sowohl diese Körperchen als auch die Fädchen mit der Contractionsfähigkeit des Ectoplasma's in Zusammenhang.

Leydig hat übrigens noch ganz neuerdings (Vergl. Arch. für mikrosk. Anatomie, Bd. 12 p. 230) seine früheren Ansichten hinsichtlich dieser Ectoplasmakörperchen der Vorticellen wiederholt und zu einigen sehr bedenklichen Vergleichen der Rindenschicht des Infusorienkörpers und des Ectoderms der zelligen Thiere verwerthet.

Viel eher könnte man das Vorkommen von echten Kernen im Ectoplasma der Vorticellen desshalb vermuthen, weil sich darin bei *Epistylis flavicans*, wie ich bestätigen kann, echte Nesselkapseln finden, wenn man nämlich ein Anhänger der Ansicht ist, dass die Nesselkapseln sich aus Kernen entwickeln, was mir jedoch nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen sehr unwahrscheinlich dünkt.

keine Regelmässigkeit; bei grossen Thieren fand ich drei, vier, ja einmal sogar acht sehr deutliche Nucleoli. (Taf. IX. Fig. 18.)

Bei *Nassula ornata* Ehrbg. finden sich drei bis vier Nucleoli, dem einfachen Kern anliegend (Taf. IX. Fig. 19). Die grösste Zahl von Nucleoli bei einem einfach bandförmigen Nucleus zeigten jedoch *Trachelius ovum* und *Bursaria truncatella;* bei ersterem Thier fand ich zweimal 9 sehr deutliche Nucleoli in der nächsten Umgebung des Kernes; bei letzterem hingegen konnte ich bis 15 auffinden.

Die von Engelmann gemachte Beobachtung, dass den beiden Kernen von *Trachelophyllum appiculatum* Clap. und Lachm. je zwei Nucleoli anliegen, kann ich bestätigen.

Wie veränderlich die Zahl der Nucleoli bei den Stylonichien ist, geht schon aus Engelmannn's Untersuchungen hervor; bald trifft man nur einen Nucleolus zwischen den beiden Kerngliedern, bald je einen an jedem Nucleusglied, bald zwei; zuweilen an dem einen Nucleus zwei, am anderen einen. Einmal fand ich riesige Exemplare von *Stylonichia Mytilus*, von welchen mehrere Thiere je drei Nucleoli neben jedem Nucleus zeigten, ein sehr grosses Thier enthielt dagegen drei Nucleusstücke und nicht weniger als zehn Nucleoli. Engelmann gibt an, bei *Urostyla Weissei* zwischen zwei bis acht Nucleoli gefunden zu haben, ich sah ein Thier mit sechs Nucleoli. Wir sehen also, dass die sogenannten Nucleoli hinsichtlich ihrer Zahl keine durchgreifende Regelmässigkeit zeigen, wie sehr auch eine solche bis zu einem gewissen Grad herrschend ist.

Bei *Spirostomum ambiguum* sind die Nucleoli kleine, dunkle, etwa bohnenförmige, den Kerngliedern dicht anliegende Körperchen; ihre Zahl lässt sich schwer feststellen, jedoch scheint dieselbe bedeutend geringer, als die der Glieder der Nucleuskette zu sein; einmal zählte ich auf 27 solcher Glieder fünf bis sechs Nucleoli, ein anderes Mal fand ich im Ganzen acht. Aehnlich verhalten sich die Nucleoli von *Loxophyllum Meleagris* zu dem rosenkranzförmigen Nucleus. Bei dem grossen *Dileptus gigas* (?) hingegen mit rosenkranzförmigem Nucleus, der einige 30 Glieder zählte, war fast jedes der Glieder mit zwei Nucleoli ausgestattet.

Bei *Stentor coeruleus* habe ich mich jedoch bis jetzt vergeblich bemüht einen Nucleolus zu finden.

In Betreff des Baues der Nucleoli habe ich nun noch einiges hervorzuheben. Die meisten Nucleoli zeigen nach ihrer Isolation in Wasser sehr deutlich eine sich abhebende Membran, von derselben Beschaffenheit wie die des Nucleus; andere hingegen, so namentlich die von *Stylonichia*, lassen von einer solchen Membran nichts unterscheiden. Diese letzteren sind auch gleichzeitig die am meisten verdichteten; schon am lebenden Thier erscheinen sie dunkel und homogen,

nach ihrer Isolation nehmen sie ein dunkel-glänzendes Aussehen an und widerstehen selbst der Einwirkung concentrirter Essigsäure in hohem Grade, was ihre Auffindung häufig sehr erleichtert.

Die mit Membran versehenen Nucleoli lassen zuweilen schon im lebenden Thier erkennen, dass diese von der eigentlichen Nucleolusmasse durch einen schmäleren oder breiteren, sehr lichten Hof getrennt ist. Sehr ausgezeichnet sah ich dies z. B. bei *Vorticella nebulifera*, (Taf. X. Fig. 32) weniger deutlich bei *Paramaecium Bursaria* und *Pleuronema Chrysalis.* Die von dieser Membran umschlossene Nucleolusmasse ist nun gewöhnlich ein dichter, granulirter oder längsstreifiger und meist etwas langgestreckter Körper, der, wie sich mehrfach sehr deutlich bemerken liess, dieser Membran an einer Stelle angeheftet ist. Am schönsten sah ich dieses Verhalten bei den verhältnissmässig so grossen Nucleoli von *Param. Aurelia* und *Bursaria,* ausserdem jedoch noch bei *Colpidium Colpoda* und *Pleuronema Chrysalis*; es mag wohl verbreiteter sein, jedoch ist es natürlich bei sehr kleinen Nucleoli nicht leicht festzustellen. Der an der Membran anhängende eigentliche Nucleoluskörper von *Param. Aurelia* und *Bursaria* (Taf. IX. Fig. 3) zeigt nun nach Wassereinwirkung eine körnige und namentlich bei *Param. Bursaria* zugleich eine höchst deutliche, streifig-faserige Beschaffenheit; *) auch lässt sich nachweisen, dass ein kleiner Theil seiner Masse, nämlich diejenige Partie, mittels welcher er der Membran angeheftet ist, sich durch seine helle, körnerfreie Beschaffenheit von dem übrigen Körper des Nucleolus unterscheidet (s. Taf. XV. Fig. 7).

Diejenigen Nucleoli, bei welchen ich eine Anheftung des eigentlichen Körpers an die Membran nicht habe beobachten können, besitzen nun entweder gleichfalls einen nahezu homogenen, dichten und dunklen bis schwach granulirten Nucleoluskörper oder aber derselbe hat seine dichte Beschaffenheit gegen eine viel lockerere, leicht granulirte vertauscht, so z. B. bei *Trachelophyllum appiculatum.* Bei *Trachelius ovum* und *Nassula ornata* hingegen hat er die Gestalt eines hohlen, von einigen Körperchen und Granula durchzogenen Bläschens angenommen (Taf. IX. Figg. 21—22). Die abweichendste Formation der Nucleoli traf ich bei *Bursaria truncatella*; dieselben haben hier nahezu den Bau der früher geschilderten Kerne von *Loxodes Rostrum.* Es besteht nämlich ein jeder aus einer etwas helleren Aussenzone und einem darin excentrisch gelegenen,

---

*) Schon Balbiani (63) hat diese streifige Beschaffenheit beobachtet und gut abgebildet. Er bemerkt (p. 349), dass diese Streifung in dem Nucleolus fast zu allen Epochen seines Lebens existire (s. Taf. IV fig. 2 u. 3). In seiner Hauptarbeit (66) erwähnt er hiervon nichts, wohl desshalb, weil es ihm darauf ankam, die im Verlauf der Conjugation auftretende streifige Differenzirung der Nucleolussubstanz, als etwas ganz besonderes nachzuweisen.

dunklen Binnenkörper, der nach Wassereinwirkung wenigstens in einer besonderen Höhle liegt; die äussere Zone wird durch die Wirkung des Wassers gewöhnlich sehr weit vom Binnenkörper abgehoben und membranartig verdünnt. Eine besondere umhüllende Membran fand ich jedoch nicht, sonst wäre die Uebereinstimmung mit den Kernen von *Loxodes* vollständig (Taf. XI. Fig. 20—21).

Es bleibt uns nun noch eine Betrachtung der Theilungsvorgänge der Nucleoli übrig. Durch die Untersuchungen von Balbiani und Stein ist es bekannt, dass die Quertheilung der Nuclei und Nucleoli nahezu gleichen Schritt hält. Die Untersuchung dieses Theilungsvorganges, namentlich bei den Stylonichien und Paramaecien, hat ergeben: dass sich jeder Nucleolus vor seiner Theilung vergrössert und ein streifiges Aussehen erlangt. Nach den, auch in dieser Hinsicht bahnbrechenden Untersuchungen Balbiani's zerfällt hierauf der so veränderte Nucleolus durch einfache Theilung in zwei, die, durch das Auswachsen der sie noch gemeinsam umhüllenden Membran zu einem langen Schlauch, allmälig von einander getrennt werden. Schliesslich gehen die Membran und die eigentliche Nucleolusmasse eine Rückbildung ein, worauf die völlige Trennung der jungen Nucleoli und die Rückkehr in ihre frühere Formation stattfindet (vergl. 64).

Stein hat die streifige Beschaffenheit der Nucleoli von *Stylonichia* vor ihrer Theilung zuerst beobachtet, jedoch von den weiteren Theilungsstadien nichts gesehen (67); späterhin gab er eine gute Abbildung eines in Theilung begriffenen Nucleolus von *Balantidium entozoon* (68; Taf. XIV. Fig. 2). Auch Köllicker hat schon 1864 (92; Taf. II. Figg. 1, 2 und 3) eine Anzahl Abbildungen von Theilungszuständen des *Param. Aurelia* gegeben, welche die Balbiani'sche Darstellung bestätigten. Ich habe die Theilung der Nucleoli bis jetzt hauptsächlich bei *Stylonichia Mytilus* verfolgt und muss auch die Angaben Balbiani's im Allgemeinen völlig bestätigen; bei *Param. Aurelia* gelang es mir jedoch bis jetzt trotz vieler Mühe nicht diesen Vorgang genauer zu studiren. Im Princip stimmt die Vermehrung der Nucleoli durch Theilung während der gewöhnlichen Quertheilung der Infusorien vollständig mit der späterhin näher zu beschreibenden Vermehrung dieser Körper während der Conjugation überein. Diese Uebereinstimmung aber war es, die Balbiani sehr ungelegen kam, da ja die Umwandlungsprocesse der Nucleoli während der Conjugation zur Bildung von Samenkapseln führen sollten; er sucht daher auch der streifig-faserigen Differenzirung der Nucleoli während der gewöhnlichen Quertheilung eine Deutung unterzulegen, welche sie sicherlich nicht hat. Diese Streifung soll nämlich von »côtes ou de parties plus épaissies de la membrane d'enveloppe« herrühren, welche durch die Volumvermehrung des Nucleolus sichtbarer würden (66; pag. 129).

Betrachten wir uns jedoch die in Theilung begriffenen Nucleoli von *Stylonichia Mytilus*

(Tab. XI. Fig. 1 u. Tab. XV. Figg. 5—6) und den in Vorbereitung zur Theilung metamorphosirten Nucleolus von *Carchesium polypinum* (Tab. X. Figg. 29—30), so werden wir die Ueberzeugung gewinnen, dass die gesammte Nucleolussubstanz in streifiger Differenzirung begriffen ist, und dass, wie gesagt, diese Theilungsvorgänge der sogenannten Nucleoli sich völlig an die während der Conjugation statthabenden und wie späterhin noch näher zu besprechen sein wird, auch an die Theilungsprocesse ächter Zellkerne anschliessen. Bei den Paramaecien sehen wir die Nucleolusmasse ja schon im gewöhnlichen Zustande streifig differenzirt, was noch als Stütze der oben ausgesprochenen Ansicht herangezogen werden kann.

An diesem Ort schliessen sich vielleicht am besten einige Bemerkungen über die Theilung des merkwürdigen *Loxodes Rostrum* an, welches Infusor in dieser Hinsicht ganz abweichende und sehr eigenthümliche Verhältnisse zeigt. Die grossen, braungefärbten Exemplare dieser Art enthalten bekanntlich zahlreiche Kerne, ich zählte bis 26; gewöhnlich findet man jedoch Thiere der verschiedensten Grösse neben einander, von welchen die ganz kleinen hellen, welche Engelmann als eine besondere Art, *Drepanostoma striatum*, beschrieben hatte (110), nur sehr wenige Nuclei einschliessen. Das merkwürdigste ist jedoch, dass man die Thiere auf jeder Grössenstufe in Theilung trifft. Je kleiner die Thiere sind, desto geringer ist die Zahl ihrer Nuclei und Engelmann hat ganz richtig bei seinem *Drepanostoma* nur zwei Nuclei und Nucleoli angegeben. Die Nuclei und Nucleoli entsprechen sich in ihrer Zahl durchschnittlich. Während der Theilung zeigt sich nie eine Veränderung an den Nuclei und Nucleoli, weder eine Spur von Verschmelzung noch Theilung. Die eine Hälfte der Nuclei und Nucleoli wird einfach in das eine, die andere in das andere Thier hinüber genommen. Es fragt sich nun aber: wie geschieht eigentlich die Vermehrung der Nuclei, da ich auch in gewöhnlichen Thieren auf Zustände, welche eine allmälige Zunahme derselben durch Theilung verrathen hätten, nie stiess. Hinsichtlich dieser Frage bin ich nun zu einer etwas eigenthümlichen Vermuthung gekommen, die ich keineswegs ganz sicher zu begründen vermag, welche ich aber dennoch mittheilen will, weil sie mit anderen später zu besprechenden Resultaten in sehr naher Beziehung steht, ich aber ganz vorurtheilsfrei und nicht durch diese späteren Erfahrungen beeinflusst, zu jener Vermuthung über die Vermehrung der Kerne von *Loxodes* kam.

Ich traf selbst sehr kleine Individuen von *Loxodes* mit nur einem Kern und Nucleolus an, wie diese ja aus den Theilungszuständen der Zweikernigen, die man häufig zu beobachten Gelegenheit hat, direct hervorgehen. Ausserdem trifft man jedoch auch Individuen mit einem Kern und zwei dicht daneben liegenden Nucleoli; ferner sieht man häufig solche, die zwei dicht zusammenliegende Nuclei enthalten, zwischen welchen ein Nucleolus eingepresst liegt.

Diese beiden Kerne nun sind häufig nicht von gleicher Grösse, der eine bleibt hinter der gewöhnlichen Grösse der Kerne bedeutend zurück. Meine Vermuthung geht nun dahin, dass sich aus den Formen mit einem Kern und zwei daneben liegenden Nucleoli durch Wachsthum und weitere Differenzirung des einen Nucleolus die Formen mit zwei ungleich grossen Kernen und dazwischen liegendem Nucleolus hervorbilden; dass also die Kerne bei unserem *Loxodes* sich aus den Nucleoli hervorbilden, die sich ihrerseits wohl durch Theilung vermehren. Hierdurch würde sich denn auch die Erscheinung erklären, dass die Kerne unseres Thieres noch eine sehr auffallende Aehnlichkeit mit den oben geschilderten Nucleoli von *Bursaria truncatella* besitzen.

Ob ich ganz richtig geschlossen habe, muss eine erneute Untersuchung entscheiden.

5. Abschnitt. Spezielle Beschreibung des Verhaltens der Nuclei und Nucleoli der beobachteten Infusorien während und nach der Conjugation.

A. Untersuchungen an *Paramaecium Bursaria* Ehrbg.

Taf. VII. Figg. 1—19.

Diese Art war es, an welcher Balbiani im Jahre 1858*) die ersten Beobachtungen über die Conjugation anstellte, gestützt auf welche er sofort die Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung entwickelte; späterhin scheint er *Param. Bursaria* nicht wieder eingehend studirt zu haben, was sehr zu bedauern ist, da dieses Infusor am geeignetsten erscheint, um jene Lehre gründlich zu widerlegen. Es hätte unserer Wissenschaft eine ziemlich lang herrschende, falsche Ansicht erspart werden können, wenn diese Art von Balbiani in der späteren Zeit seiner Untersuchungen, wo er sich jedenfalls eine sehr grosse Geschicklichkeit in der Anstellung derartiger Beobachtungen erworben hatte, von neuem berücksichtigt worden wäre. Ausser Stein hat dann fernerhin auch Engelmann (110) einige Beobachtungen über die Conjugation von *Param. Bursaria* mitgetheilt.

Unsere Art eignet sich denn auch vorzüglich zur Untersuchung der hier in Frage kommenden Verhältnisse; hätte ich das Glück gehabt Conjugationszustände derselben schon zu Anfang meiner Untersuchungen aufzufinden, so wäre auch ich von vielen irrthümlichen Anschauungen bewahrt geblieben; so jedoch traf ich erst gegen Ende meiner Untersuchungen eine Fundstätte, welche mir das Thier in reichlicher Menge, sowie zahlreiche Conjugationszustände lieferte.

---

*) Zuerst mitgetheilt im Compt. rend. de l'Academie 1858; später ausführlich 63.

Schon Stein hebt hervor, dass sich unsere Art wegen der Leichtigkeit, mit welcher man sie zum Zerfliessen bringen kann, zur Untersuchung der Veränderungen am Nucleus und Nucleolus sehr empfiehlt; ausserdem hat sie jedoch noch den Vorzug, dass sie sich sehr leicht züchten lässt und selbst unter dem Deckgläschen in der feuchten Kammer sich häufig Tage lang erhält, was fortlaufende Untersuchungen am lebenden Thier ohne Schwierigkeit und besser als bei irgend einem von mir beobachteten Infusor gestattet, da sich Nucleus und Nucleolus schon bei einiger Pression mit ziemlicher Deutlichkeit studiren lassen. Fernerhin sind aber die Veränderungen des Nucleus und Nucleolus hier verhältnissmässig so einfacher Natur, dass sie sich leicht und sicher übersehen lassen.

Balbiani und Stein aber befanden sich in einem fundamentalen Irrthum hinsichtlich des Schicksals des Nucleus und der Nucleoli, der sie verhinderte, die wahre Bedeutung der sich abspielenden Vorgänge zu erfassen.

Nach Balbiani soll die Dauer der Conjugation bei unserer Art fünf bis sechs Tage betragen, welche Angabe ich mir nicht recht erklären kann, da ich bei den von mir im Mai beobachteten Conjugationszuständen mit Sicherheit nur auf eine Dauer von 24—48 Stunden schliessen konnte, da sich die an einem Tage isolirten Paare, welche sicher erst vor kurzer Frist sich vereinigt hatten, schon im Laufe des folgenden Tages fast sämmtlich wieder getrennt hatten. Auch bei *Param. Aurelia* fand ich die Conjugationsdauer viel kürzer, als Balbiani angibt.

Vorerst muss ich nun hervorheben, dass sich bei unserer Art der Nucleus während der gesammten Conjugationsdauer nicht verändert; nur seine feinere Structur zeigt darin eine Umänderung, dass die früheren Einschlüsse sich zum grössten Theil allmälig zu verlieren scheinen, so dass derselbe gewöhnlich ein gleichmässig feinkörniges Wesen annimmt und nur hie und da locale, schwache Verdichtungen und Anhäufungen dunkler Körnchen zeigt. Aber auch nach aufgehobener Conjugation findet kein Zerfall des Nucleus statt, keine von demselben ausgehende Ei- oder Keimkugelbildung, wie die früheren Forscher behaupteten; er verharrt, wie er war und sein schliessliches Schicksal wird späterhin noch erörtert werden.

In der Annahme, dass der Nucleus unserer Thiere nach aufgehobener Conjugation in eine Anzahl Bruchstücke zerfalle, lag der wesentlichste Irrthum der früheren Beobachter. Balbiani bemerkt hierüber (66; p. 493): »la masse ovulaire« — der Nucleus — »ne subit qu'un fractionnement incomplet. Deux, quelquefois quatre ovules larges de 0,0072 se détachent de la masse commune, laquelle conserve sa forme arrondie primitive, et se transforment en autant d'oeufs complets d'un diamètre de 0,0144«

Stein sagt (68; p. 91): »Aus diesem« — dem Nucleus — »entwickeln sich nach auf-

gehobener Conjugation in den allermeisten Fällen nicht mehr als drei rundliche Körper, die bald gleich gross sind, bald sind zwei mehr oder weniger beträchtlich kleiner als der Dritte. Im ersteren Fall zerfiel der Nucleus ohne Zweifel unmittelbar in drei Segmente, im letzteren Falle theilte er sich aber wahrscheinlich zuerst in zwei Segmente und dann wurde eins derselben noch ein Mal getheilt. Ich schliesse dies daraus, dass ich nicht selten Individuen mit nur zwei, nahezu gleich grossen Nucleussegmenten beobachtete. Beim Vorhandensein von drei Nucleussegmenten zeigt das eine, zumal wenn es grösser ist, als die beiden andern, oftmals eine etwas andere Zusammensetzung als diese; es enthält nämlich in seiner Grundsubstanz mehrere, bisweilen zahlreiche kleine Kerne eingebettet, während die beiden anderen Segmente gewöhnlich nur mit einem einzigen centralen, bläschenförmigen Kern versehen sind. Hieraus lässt sich wohl mit ziemlicher Sicherheit folgern, dass nur die beiden gleichartigen Nucleussegmente, die auch sonst mit den eiähnlichen Kugeln von *P. Aurelia* vollkommen übereinstimmen, die Bedeutung von Keimkugeln haben, das dritte Segment aber die Anlage eines neuen Nucleus darstellt und somit der Summe von opaken Körperchen von *Paramaecium Aurelia* entspricht. In mehreren Fällen ist freilich gar kein Unterschied zwischen den drei Nucleussegmenten wahrzunehmen, indem jedes derselben bald nur einen einzigen centralen Kern, bald zwei oder drei weit von einander abstehende Kerne besitzt.«

Aus diesen Mittheilungen geht mit Sicherheit hervor, dass ein wirklicher Zerfall des Nucleus nach der Conjugation weder von dem einen, noch dem anderen Forscher wirklich beobachtet, sondern nur erschlossen wurde und zwar falsch, wie sich weiter unten zeigen wird.

Während nun der Nucleus sich im Verlaufe der Conjugation nahezu unverändert erhält, so ist doch gerade das Umgekehrte der Fall bei dem Nucleolus, der bekanntlich bei allen bis jetzt beobachteten Infusionsthieren im Laufe der Conjugation höchst merkwürdige Umbildungen erleidet, da nämlich aus ihm die, die männlichen Geschlechtsproducte einschliessenden Samenkapseln hervorgehen sollen.

Diese Veränderungen des Nucleolus verlaufen nun nach meinen Untersuchungen bei den drei von mir beobachteten Paramaeciumarten in einer nahezu übereinstimmenden Weise, nur ihr Endziel ist etwas verschieden, indem nämlich aus dem Nucleolus bei *P. Bursaria* vier, bei *P. Aurelia* und *putrinum* hingegen acht sogenannter Samenkapseln hervorgehen. Ich werde daher hier gleichzeitig die Umwandlungen des Nucleolus bei den drei genannten, von mir genauer untersuchten Arten schildern, um nicht durch Wiederholungen zu sehr zu langweilen.

Zunächst erinnere ich an den früher geschilderten Bau der Nucleoli von *Paramaecium Bursaria* und *Aurelia* und namentlich daran, dass man an dem eigentlichen Nucleoluskörper

deutlich zwei Abschnitte unterscheiden kann, den eigentlichen streifig-körnigen, dunklen Nucleolus und den hellen kleinen Abschnitt, mittelst welchen derselbe an die Nucleolusmembran angeheftet ist. Die nächste Veränderung des Nucleolus besteht nun in einer allmäligen Vergrösserung und einem gleichzeitigen Auswachsen des hellen Abschnittes, der nun die deutlichste Differenzirung in ziemlich zarte Fasern eingeht. Eine solche Form gibt Fig. 1. Taf. VII. wieder, die den streifig-körnigen, dunklen Nucleoluskörper an einem langen Bündel feiner Fasern, das an einer Stelle der Hüllmembran befestigt ist, gewissermassen aufgehängt zeigt. Aus diesen Zuständen nun bilden sich zunächst die sehr merkwürdigen, in Taf. VII. Fig. 2 u. Taf. XV. Fig. 8—10 wiedergegebenen, in einer Weise hervor, die näher zu verfolgen mir nicht möglich war. Die aus dem dunklen Nucleoluskörper hervorgewachsenen Fasern haben sich verlängert, die beiden Enden des sehr vergrösserten Nucleolus erscheinen immer zugespitzt, was damit zusammenhängt, dass sich die Membran nur einseitig abheben lässt. Der gesammte Nucleolus zeigt auf diesem Stadium immer eine mehr oder weniger beträchtliche, spiralige Zusammenkrümmung. Diese Formen traf ich namentlich bei *P. Aurelia* ganz constant auf einem gewissen, jedenfalls verhältnissmässig sehr frühen Stadium der Conjugation an und ich schliesse mich der Balbiani'schen Ansicht an, dass die ganz stark spiralig zusammengekrümmten Formen (Taf. XV. Fig. 9) die zunächst entstehenden seien, dass sich dieselben im Laufe der Entwicklung allmälig aufkrümmten (Taf. XV. Fig. 8) und schliesslich in einen nahezu gestreckten Zustand übergehen (Taf. XV. Fig. 10).

Diese Formen nun gehen aber nicht, wie Balbiani will, direct in Theilungszustände über, sondern sie metamorphosiren sich zunächst in den Zustand, welchen er als eine reife Samenkapsel auffasst, d. h. sie ziehen sich allseitig zusammen, verkleinern sich nicht unbeträchtlich und werden so schliesslich zu einer ovalen, allseitig abgerundeten Kapsel (Taf. VII. Fig. 3), die nun in ihrem Bau zunächst wieder an den ursprünglichen Nucleolus erinnert. Ihr völlig faserig-streifig differenzirter Inhalt besteht seiner Hauptmasse nach aus dunkeln, körnigen Fasern, die durch eine kleine hellere, durch Essigsäure (1 %) bis zur Unkenntlichkeit aufquellende Faserstrecke mit der Hüllmembran in Verbindung stehen. Conjugirte Paare, von welchen jedes Thier eine solche Kapsel wahrnehmen lässt, gehören zu den häufigsten, welche man antrifft. Nicht immer ist jedoch der Abschnitt der dunklen Fasern so gross wie in der Taf. VII. Fig. 3, manchmal trifft man die helle Faserstrecke viel ansehnlicher, ja sie kann selbst die Hälfte des ganzen Faserkörpers betragen.

Zunächst findet nun eine Umänderung in dem Bau der Kapseln statt, welche als eine Vorbereitung zur Theilung aufgefasst werden muss. Es erscheint nämlich nun auch am entgegengesetzten Ende des dunklen Faserkörpers ein heller Faserabschnitt, so dass also nun die

dunkle Faserzone den eigentlichen grösseren Körper der Kapsel bildet und nach beiden Seiten hin in helle, durch 1 % Essigsäure verschwindende Fasern ausläuft (Taf. VII. Fig. 8). Solche Stadien hat Balbiani vielfach gesehen und als völlig reife Samenkapseln gedeutet. Der weitere Fortschritt in dem Theilungsprocess geschieht nun folgendermaassen: Die Mittelzone der dunklen Fasern theilt sich im Aequator der Kapsel und die beiden Hälften rücken in die beiden Kapselenden (Taf. VIII. Fig. 2), durch helle Fasern unter einander verbunden. Ist dieser Zustand erreicht, so beginnt auch der Theilungsprocess äusserlich sichtbar zu werden. Die ursprünglich ovale Kapsel beginnt sich zu strecken, wird länger und bald bemerkt man, dass die beiden Enden, welche die Hälften des dunklen Faserkörpers enthalten, sich kugelich gegen den Verbindungsstrang der hellen Fasern absetzen. Dieser Strang zieht sich nun, indem er sich mehr und mehr verschmälert, noch weiter aus, die Enden schwellen noch mehr an, bis schliesslich, wenn die so lang ausgezogene Kapsel wohl zwei Drittel der Länge des gesammten Thieres erreicht hat (vergl. Taf. VIII. Figg. 3—8; Taf. VII. Fig. 4) der Verbindungsstrang in der Mitte durchreisst und die Theilung ist vollendet. Jede der so neugebildeten beiden Kapseln hat nun natürlich noch einen Schwanz, der von dem durchgeschnürten Verbindungsstrang herrührt (Taf. VII. Figg. 5, 6 u. 7); dieser Schwanz wird jedoch jedenfalls sehr rasch eingezogen und die Kapsel wieder gleichmässig oval abgerundet, da man nur sehr selten derartige geschwänzte Kapseln trifft, welche den deutlichen Beweis liefern, dass wirklich eine Trennung des Verbindungsstrangs in seiner Mitte stattfindet, nicht eine Resorbtion desselben, wie Balbiani annimmt, der jedoch dabei jedenfalls von der Vorstellung, dass alle Kapseln in einem gemeinsamen Schlauch eingeschlossen blieben, sehr beeinflusst war.

Nachdem also dieser Schwanzanhang der Tochterkapseln völlig eingezogen worden ist, repräsentiren dieselben wieder ganz das Bild der ursprünglich zur Theilung sich anschickenden, einfachen Kapsel. Sie erscheinen wieder als ein dunkler Faserkörper, der durch einen hellen Faserstiel an die ihn umschliessende Membran angeheftet ist. Jede weitere Theilung geschieht nun genau nach denselben Regeln, die wir soeben bei der Theilung der ersten Kapsel kennen gelernt haben, nur geht, wie schon oben gesagt, die Theilung bei *P. Aurelia* und *putrinum* einmal mehr vor sich als bei *P. Bursaria*, so dass bei den beiden erstgenannten Arten jedes aus der Conjugation hervorgegangene Thier schliesslich acht, bei der letzgenannten hingegen nur vier Kapseln erhält.

Als eine Regel darf es, wie auch schon Balbiani hervorhob, betrachtet werden, dass die Nucleoluskapseln jedes Thieres immer genau auf der gleichen Stufe der Ausbildung stehen, wie denn auch ihre Theilung stets gemeinschaftlich geschieht; auch die Kapseln der beiden

conjugirten Thiere zeigen sich fast stets genau auf derselben Stufe der Entwicklung, doch traf ich bei *P. Bursaria* einige wenige Male auf Paare, bei welchen die Kapseln des einen Thieres zwar genau dieselbe Ausbildung zeigten wie die des anderen, jedoch in ihrer Grösse sich von diesen sehr unterschieden. Eines dieser Paare zeigte einen nicht uninteressanten Bau seiner beiden Kapseln, der sich wohl besser durch Betrachtung der Fig. 10. Taf. VII. als durch Beschreibung verstehen lässt.

Stein und Balbiani befinden sich in einer grossen Unsicherheit hinsichtlich der Zahl der aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln, wobei sie jedenfalls durch ihre Auffassung derselben, als Spermatozoën einschliessende Organe, sehr beeinflusst wurden. Denn dass eine solche, nach ihrer Ansicht völlig gereifte Kapsel sich noch weiter theile, musste ihnen, trotzdem dass Balbiani einen derartigen Vorgang constatirte, in den meisten Fällen sehr unwahrscheinlich dünken.

Balbiani findet bei *P. Bursaria* gewöhnlich zwei, selten vier Kapseln, Stein hingegen sehr häufig die letztere Zahl. Bei *P. Aurelia* hingegegen, wo Balbiani gewöhnlich vier, selten acht Kapseln sich entwickeln sah, musste Stein die Entwicklung von vier Kapseln zu den seltnen Fällen rechnen.

Bei *P. Aurelia* fand Balbiani ausserdem zwei ganz verschiedene Arten der Entwicklung der Kapseln aus dem Nucleolus. In dem einen Fall bilden sich zuerst die oben beschriebenen gekrümmten Kapseln aus, deren Enden hierauf ampullär anschwellen und die so direct in Theilung übergehen sollen; hier hat also Balbiani die in Theilung begriffenen Kapseln für eine directe Weiterbildung dieses eigenthümlichen Entwicklungszustandes des ursprünglichen Nucleolus gehalten, was gewiss unrichtig ist; andererseits hat er aber auch die aus diesem Zustand hervorgehenden gewöhnlichen Kapseln (Taf. VII. Fig. 3; Taf. VIII. Fig. 2) gesehen, welche er nun durch ein directes, einfaches Auswachsen des Nucleolus sich bilden und zur Reife gelangen lässt. Diese Kapseln sollen sich nicht mehr theilen, so dass also in diesem Fall nur die Ausbildung einer einzigen Kapsel stattfände.

Stein hält diesen letzteren Entwickelungsgang für die Regel, hat jedoch auch die grossen gekrümmten Kapseln beobachtet, aber ihr regelmässiges Auftreten in dem Entwickelungsprocess des Nucleolus auch nicht erkannt. Uebrigens sind die Stein'schen Beschreibungen leider wegen der mangelnden Abbildungen nicht recht verständlich, auch hat er keine richtigen Vorstellungen von dem Zusammenhang der verschiedenen, von ihm gesehenen Stadien erlangt.

Wie oben schon hervorgehoben worden, ist die Zahl der aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln bei jeder der drei Arten ganz constant, man muss aber nur die Thiere in dem rich-

tigen Stadium während oder nach der Conjugation untersuchen, um sich von dieser Thatsache zu überzeugen. Derartige Schwankungen, wie sie Balbiani und Stein annehmen, existiren nicht. Ich sah auch nie solche Unregelmässigkeiten, wie sie Stein (68; pag. 92) anführt, wo das eine Thier einer Syzigie von *P. Bursaria* eine grosse, das andere zwei kleine Kapseln enthielt, oder bei einem anderen Paar das eine Thier mit vier, das andere mit fünf ungleich grossen Kapseln versehen gewesen sei; diesen letzten Fall halte ich für sehr unwahrscheinlich und glaube, dass hier gewiss eine Täuschung vorlag.

Dennoch traf ich bei *P. Bursaria* einmal eine Unregelmässigkeit, die jedoch im Verein mit einer früher von mir gemachten Beobachtung von grossem Interesse ist. In einer Syzigie enthielt nämlich das eine Thier drei, das andere hingegen nur eine Kapsel, sämmtliche Kapseln waren unter einander gleich und von der Grösse der Kapseln zweiter Generation. Ein solcher Zustand lässt sich nun meiner Ansicht nach nur in der Weise erklären, dass man die dritte Kapsel des einen Thieres als aus dem anderen herübergewandert betrachtet. Ich hatte früher schon bei *Param. putrinum* eine ähnliche Beobachtung gemacht (vergl. 78; Taf. XXV. Fig. 2), wo sogar die beiden Kapseln des einen Thieres der Syzigie zu denen des anderen hinübergewandert waren und ich vermag diesen Fall noch heute nicht in anderer Weise zu erklären. Diese Beobachtungen legen es daher sehr nahe, an einen Austausch der Kapseln der conjugirten Thiere zu denken und ich hatte diese Vermuthung auch schon früher (l. c.) ausgesprochen. Die Vorstellung eines derartigen Austausches lässt sich um so leichter gewinnen, wenn man die bei *P. Bursaria* und *putrinum* häufig von mir gemachte Beobachtung berücksichtigt, dass sowohl die Nucleoluskapseln wie der Nucleus (oder die aus ihm hervorgehenden Umwandlungsproducte) keinen festen Ort in den conjugirten Thieren bewahren, sondern vom Strome des Endoplasma's wie sonstige Inhaltskörper umhergeführt werden.

Da ich die oben erwähnte Vermuthung schon früher gehegt hatte, so habe ich bei andauernd beobachteten Syzigien von *Param. putrinum* mehrfach nach einem solchen Austausch gesucht, ohne jedoch hiervon etwas zu finden. Wenn auch die Nucleoluskapseln während ihrer Hin- und Herbewegung der Vereinigungsstelle beider Thiere häufig sehr nahe kommen, so sah ich dennoch nie den wirklichen Uebertritt einer Kapsel in das andere Thier eintreten. Dennoch möchte ich nicht in Abrede stellen, dass sich ein solcher Uebertritt zuweilen ereigne, wenn auch die beiden angeführten Fälle von *Param. Bursaria* und *putrinum* die einzigen sind, welche mir in dieser Hinsicht bis jetzt aufstiessen. Bei anderen Infusorien habe ich gar nichts dieser Art gesehen, wiewohl dieselben auch sämmtlich nicht so geeignet zu derartigen Beobachtungen erscheinen wie die beiden genannten.

Balbiani schildert die vermeintlichen Spermatozoën innerhalb der Samenkapseln als sehr zarte, in ihrer Mitte angeschwollene Fäden, die sich häufig zu dicken und dunkleren Bündeln zusammenlegten. Diese Bündel sind nun jedenfalls nichts weiter als die dickeren und dunkleren Faserpartien, die ich oben ausführlicher beschrieb; die eigentlichen Spermatozoën dagegen sind die helleren, zärter gestreiften Partien, in welche die ersteren sich fortsetzen.

Nach dieser allgemeinen Schilderung der Umbildung der Nucleoli der drei Arten von *Paramaecium* kehre ich nun wieder zu der speciellen Erörterung der Verhältnisse bei *Param. Bursaria* zurück.

Die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere enthalten also, wie schon früher erwähnt, einen unveränderten Nucleus und vier feingestreifte Samenkapseln von gleicher Grösse und Beschaffenheit (Fig. 9). Die Streifung derselben ist schon, wie bei *P. Bursaria* überhaupt, am lebenden Thier recht deutlich wahrzunehmen. Auch sie zeigen noch deutlich die schon früher geschilderte Bauweise; der kleine hellere und zartgestreifte Abschnitt ihres gestreiften Inhaltskörpers, mittels welchen sie der Membran angeheftet sind, wird auch hier durch Essigsäure bis zum Verschwinden aufgequellt. Der grössere, aus dunkleren Fasern bestehende Abschnitt zeigt häufig schon am entgegengesetzten Ende der Kapsel ein theilweises Verschmelzen dieser Fasern.

Einige Zeit lang verharren nun die Thiere ohne weitere Veränderung in diesem Zustand, erst nach Verlauf von etwa zehn Stunden beginnt eine sehr bemerkenswerthe Umwandlung. Zwei der vier Nucleoluskapseln nämlich verlieren ihre längliche Gestalt und werden zu runden, im Leben licht und homogen erscheinenden Kugeln; die beiden anderen Kapseln hingegen verkleinern sich bemerklich und werden im Gegentheil dunkler, indem sie ihre streifige Beschaffenheit noch bewahren (Fig. 10). Die Substanz der beiden lichten Kugeln, welche aus zwei der Kapseln hervorgingen, erscheint nach Behandlung mit Essigsäure (1%) anfänglich ziemlich stark, jedoch gleichmässig granulirt. Einen derartigen Zustand hat Balbiani gesehen (63) und auf Taf. VI. Fig. 15 sehr kenntlich abgebildet; er deutete die kleinen granulirten Kugeln natürlich als aus dem Nucleus hervorgegangene Keime oder später als in Entwicklung begriffene Eier.

Dieser so eingetretene Unterschied zwischen den ursprünglich ganz gleichen vier Nucleoluskapseln, wird nun in dem weiteren Verlaufe immer deutlicher; die beiden lichten Kugeln wachsen mehr und mehr heran und nach einigen Stunden schon tritt in ihnen sehr regelmässig ein dichteres, dunkles Kernchen mit einer hellen Vacuole in seinem Innern auf (Fig. 11). Im Gegensatz hierzu werden die beiden anderen Nucleoluskapseln noch kleiner wie früher und verlieren hiermit allmälig auch ihre streifige Beschaffenheit, so dass sie am zweiten Tag nach auf-

gehobener Conjugation zu kleinen, nahezu homogenen, dunklen Kugeln geworden sind, die ihrer Hüllmembran innerlich an einer Stelle ansitzen (Figg. 13 u. 14). Etwa im Laufe des dritten Tages nach der Trennung der conjungirten Thiere nun, verschwinden plötzlich diese, aus den sich verkleinernden Kapseln hervorgegangenen, homogenen Kugeln, so dass sich auch keine Spur derselben mehr auffinden lässt. Trotz vielfacher Mühe gelang es mir nicht mit Sicherheit zu ermitteln, in welcher Weise dieses Verschwinden vor sich geht; es stehen sich hier zwei Möglichkeiten gegenüber, entweder werden sie aufgelöst, oder von dem Thier ausgeworfen. Aus verschiedenen Gründen, deren nähere Erörterung ich auf später verschieben muss, entscheide ich mich für die zweite Möglichkeit und nehme daher als wahrscheinlich an, dass sie wirklich von dem Thier ausgeworfen werden.

Mittlerweile sind die, aus den beiden anderen Kapseln hervorgegangenen, lichten Körper etwa bis zu zwei Drittel der Grösse des Nucleus herangewachsen und stimmen nun in Betreff der Beschaffenheit ihrer Substanz in ganz auffallender Weise mit dem Nucleus überein, so dass man sie, wie dies ja auch von Balbiani und Stein geschehen ist, leicht für Theilstücke des Nucleus nehmen könnte, wenn ihre Abstammung von den gestreiften Nucleoluskapseln nicht durch fortlaufende Untersuchungen über allen Zweifel festgestellt wäre (Fig. 15). Ihre Gestalt ist jetzt eine länglich-ovale geworden, ähnlich der des Nucleus.

Kurze Zeit nach der Entfernung der zwei rückgebildeten Kapseln, also etwa zwischen dem dritten und vierten Tag nach aufgehobener Conjugation, beginnt jedoch auch einer der erwähnten nucleusartigen Körper sich zu verändern; in seiner Masse treten dunkle Längsstreifen auf, die namentlich am einen Ende des ovalen Körpers stärker verdickt hervortreten, während sie nach dem anderen Ende zu in feinere, zärtere Streifen auslaufen, welcher Theil daher sehr hell bleibt (Taf. VII. Fig. 16). Die Differenzirung in der Masse dieses Körpers schreitet allmälig immer weiter fort, bis er schliesslich fast gänzlich von dunklen, glänzenden Streifen durchzogen ist; gleichzeitig sieht man ihn sich allmälig verkleinern, was mit der Verdichtung seiner Masse gewiss in causalem Zusammenhang steht (Taf. VII. Fig. 18). Diese Verkleinerung schreitet nun langsam weiter fort, bis schliesslich etwa 10—12 Tage nach aufgehobener Conjugation dieser Körper wieder Grösse und Beschaffenheit eines gewöhnlichen Nucleolus angenommen hat (Taf. VII. Fig. 17).

Während dieser ganzen Zeit haben sich sowohl der ursprüngliche Nucleus, als auch der zweite, ursprünglich aus der Nucleoluskapsel hervorgegangene, nucleusartige Körper nicht wesentlich verändert; nur hat sich der Nucleus allmälig etwas verkleinert, so dass die beiden erwähnten Körper jetzt nahezu von gleicher Grösse sind (Fig. 17).

Ein Thier dieses Stadiums zeigt demnach also scheinbar zwei ganz gleich beschaffene Nuclei und einen ansehnlichen Nucleolus. Häufig trifft man die beiden Kerne ganz dicht zusammengepresst und gegeneinander abgeplattet; schliesslich verschmelzen sie mit einander und wir haben also nun wieder den normalen Zustand des *P. Bursaria*, wie es in die Conjugation einging, vor uns. Hinsichtlich dieses Verschmelzens muss ich jedoch einige Worte bemerken; ich habe diesen Vorgang nicht direct beobachtet, erschliesse ihn jedoch daraus, dass ich unter einigen aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren, am elften Tage nach Lösung der Syzigien, theils Thiere mit einfachen Nucleus und Nucleolus, theils solche mit einem Nucleolus und den beiden oben beschriebenen Kernen, jedoch auch eines mit einfachem Nucleus traf, der noch sehr deutlich seine Zusammensetzung aus zwei Stücken erkennen liess (Fig. 19). Ich konnte diese Frage deshalb nicht ganz sicher entscheiden, weil ich nicht erwartet hatte, dass sich die Rückbildung zu der normalen Beschaffenheit bei unserer Art so ungemein lang verzögerte und ich daher anfänglich mit dem Verarbeiten des noch vorhandenen Materials etwas zu rasch vorging, so dass ich später sehr sparsam damit sein musste. Ich wüsste jedoch der in Fig. 19 abgebildeten Beschaffenheit des Nucleus keine befriedigendere Deutung zu geben; auch Balbiani hat bei *P. Bursaria* derartige Nucleusformen schon gesehen, jedoch keine Erklärung derselben gegeben; er schreibt (66; p. 202): »Dans quelques cas, la masse granuleuse intérieur de l'ovaire était divisée transversalement par une section très-nette en deux portions qui demeuraient en contact ou n'étaient séparées que par un intervalle très faible.«

Man könnte allenfalls noch die Ansicht aufstellen, dass die beiden Kerne bei einer erfolgenden Theilung je zu einem Kern der Theilungssprösslinge würden, dem muss ich aber, wie späterhin noch erörtert werden soll, aus theoretischen Gründen widersprechen.

Nach dieser Schilderung der Veränderungen des Nucleus und Nucleolus während der Conjugation von *P. Bursaria*, habe ich nun kaum nöthig, auf die von meinen Vorgängern gemachten Angaben näher einzugehen, da sich die von ihnen falsch gedeuteten Bilder schon durch meine Schilderung ihrem wahren Werthe nach erkennen lassen. Die Umbildung zweier Nucleoluskapseln sahen sie nicht, sondern nahmen an, dass die auf diese Weise hervorgehenden Körper Theilproducte des Nucleus seien, aus welchen nun je nach ihrer speciellen Auffassung entweder Eier oder Embryonalkugeln hervorgehen sollten. Ueber den Verbleib der Samenkapseln theilen sie wenig mit; dies war ja auch nicht nöthig, da dieselben ja bei der Befruchtung gewöhnlich aufgebraucht werden sollten; nur Balbiani muss etwas davon gesehen haben, dass dies nicht der Fall ist, denn er gibt an (66; pag. 508), dass dieselben nach der Befruchtung nicht schwinden, sondern allmälig wieder ihr rudimentäres Aussehen annähmen und

schliesslich durch Verschmelzung wieder zu einem Nucleolus sich vereinigten. Dass diese Angaben nicht auf Beobachtungen beruhen, sondern nur Annahmen sind, brauche ich wohl nach der oben gegebenen Schilderung des wahren Verhaltens nicht besonders auseinander zu setzen.

Die merkwürdigen Umformungen, welche die sogenannten Samenkapseln des *P. Bursaria* nach aufgehobener Conjugation erfahren, werden uns für das Verständniss der viel verwickelteren Vorgänge bei *P. Aurelia* und *putrinum* als Richtschnur dienen müssen.

B. Untersuchungen an *Paramaecium Aurelia* O. F. Müller und *putrinum* Claparède und Lachmann.

Taf. VIII u. Taf. XV. Figg. 8—16.

Ueber die Conjugationserscheinungen von *P. Aurelia* liegen Mittheilungen von Balbiani, Stein und Kölliker, sowie einige Bemerkungen von mir vor. Ich bemerke jedoch hier sogleich, dass ich bei meinen früheren Untersuchungen (78) einen Irrthum begangen habe, indem ich *P. putrinum* und *Aurelia* zusammenwarf, und ersteres für eine kleinere Generation des letzteren hielt, welche zur Conjugation besonders geneigt sei. Auf diese Weise gelangte ich dazu, dem *P. Aurelia* eine ziemliche Variabilität hinsichtlich seiner Conjugationserscheinungen zuzuschreiben und glaubte daher die sich widersprechenden Angaben Stein's und Balbiani's vereinigen zu können. Die Kölliker'schen Untersuchungen hatte ich früher leider übersehen, was um so eher möglich war, da auch Stein in seinem 1866 erschienenen zweiten Band der 1864 herausgegebenen Icones histiologicae gar nicht, selbst nicht in der 1866 erst geschriebenen Vorrede gedenkt. Ich hebe daher hier zunächst hervor, dass die Abbildungen auf Taf. XXV meiner kleinen Abhandluug sich auf *P. putrinum* beziehen, dass hingegen die beiden Figuren 8 und 9 auf Taf. XXVI Zustände von *P. Aurelia* darstellen. *P. putrinum* ist zuerst von Claparède und Lachmann beschrieben worden (61; pag. 266 und 62; Taf. X. Fig. 11—12); es zeichnet sich dadurch aus, dass es mit der Gestalt des *P. Bursaria* das Fehlen der Trichocysten und Chlorophyllkörner verbindet; auch soll dasselbe nur eine contractile Vacuole in der vorderen Leibeshälfte besitzen. Der Nucleus mit dem dicht anliegenden Nucleolus zeigt keine bemerkenswerthen Abweichungen von dem der übrigen Paramaecien und enthält im normalen Zustand häufig ähnliche verdichtete Körper wie der des *P. Bursaria*. Die von mir gesehenen Thiere besassen jedoch stets zwei contractile Vacuolen, von derselben Lage wie die des *P. Aurelia* und *Bursaria*; dennoch möchte ich an der Identität derselben mit dem *P. putrinum*

Claparède und Lachmann's nicht zweifeln. An conjugirten Exemplaren traf ich sogar häufig eine dritte Vacuole, welche dicht am hinteren Rande lag, ohne dass ich mich jedoch von ihrer regelmässigen Gegenwart überzeugt hätte. Characteristisch für unsere Art ist die Entstehungsweise der Vacuolen, die nicht wie bei *P. Bursaria* und *Aurelia* durch rosettenförmig angeordnete Kanäle gespeist werden, sondern durch Zusammenfliesen kleiner Vacuolen entstehen, welche sich schon während der Systole am Rand der Vacuole hervorbilden, ähnlich wie dies bei sehr vielen Infusionsthieren der Fall ist. Das Fehlen der Trichocysten ist bei unserer Art die Regel, dennoch besassen die früher von mir gesehenen Thiere sämmtlich Trichocysten und auch während der in neuerer Zeit angestellten Untersuchungen traf ich auf trichocystenführende Thiere, die sich in allen übrigen Stücken wie die gewöhnlichen verhielten und sich denselben namentlich auch in ihren Conjugationserscheinungen so völlig anschlossen, dass an ihrer Zugehörigkeit zu unserer Art nicht gezweifelt werden kann. Chlorophyll traf ich hingegen nie bei unseren Thieren an. Wie Claparède schon mit Recht hervorhebt, scheint *P. putrinum* mit Vorliebe sehr putrescirende Gewässer zu bewohnen, es eignet sich daher auch gut zu Züchtungsversuchen, da es noch im verdorbensten Wasser aushält.

Bezüglich der Umbildungen des Nucleus und Nucleolus schliessen sich *P. Aurelia* und *putrinum* eng aneinander an und weichen in gewisser Hinsicht von dem *P. Bursaria* sehr ab, was recht eigenthümlich erscheint, da sich ja *P. putrinum* in Bezug auf seine allgemeine Bauverhältnisse inniger an *P. Bursaria* als *Aurelia* anzuschliessen scheint.

Da ich die Entwicklung des Nucleolus der Paramaecien in ihren allgemeinen Zügen schon bei *P. Bursaria* geschildert habe, so gehe ich hier nicht näher auf dieses Verhalten ein und hebe nur hervor, dass sich ein Unterschied zwischen beiden Arten hinsichtlich der Ausbildung findet, welche die Producte des Nucleolus (und auch die des Nucleus, wie später zu erörtern sein wird) beim Eintritt der Lösung der Syzigie erreicht haben. Bei *P. putrinum* ist nämlich der Nucleolus schon zu acht streifigen Kapseln zerfallen, bei *P. Aurelia* hingegen gehen die Thiere nur mit vier Kapseln versehen aus der Conjugation hervor; erst einige Stunden nachher theilen sich diese Kapseln nochmals, so dass auch hier doch schliesslich constant acht Kapseln gebildet werden. Bezüglich der Zahl der aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln befanden sich die frühereren Beobachter, wie schon hervorgehoben wurde, bei *P. Aurelia* in einiger Verwirrung. Balbiani hatte jedoch schon einmal beobachtet, dass die vier Kapseln, mit welchen die Thiere (nach ihm jedoch nur zuweilen) aus der Conjugation hervorgehen, sich noch einmal theilen können (s. Taf. VII. Fig. 8; 66). Stein (68; pag. 92) glaubt die Entwicklung von vier

Kapseln bei *P. Aurelia* schon zu den seltneren Fällen rechnen zu dürfen. Kölliker hat sich eine ganz irrige Vorstellung von der Entwicklung der Nucleoluskapseln bei *P. Aurelia* gebildet, indem er, wie späterhin noch näher zu besprechen sein wird, glaubt, dass dieselben sich schliesslich zu einer grossen Zahl kleiner Körperchen theilten; es sind dies aber gerade umgekehrt die durch Zerfall des Nucleus hervorgehenden Körperchen. Dem gegenüber muss ich bemerken, dass bei den beiden Arten von *Paramaecium* die Zahl der, durch wiederholte Theilung schliesslich aus dem Nucleolus hervorgehenden Kapseln ganz constant acht beträgt, dass es jedoch bei *P. Aurelia* nicht immer ganz leicht ist, sich hiervon mit Sicherheit zu überzeugen. Es ist mir früher auch nicht gelungen, die Kapseln neben dem Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zu sehen; es ist zu diesem Zweck nicht hinreichend, die Thiere nur mit Essigsäure zu behandeln, sondern man muss die früher erwähnte Methode des allmäligen Zerquetschens in Anwendung bringen.

Auch die Umbildung des Nucleus hat bei *P. putrinum* schon viel weitere Fortschritte gemacht bei Lösung der Syzigie, dann ist derselbe nämlich hier schon völlig in eine bedeutende Anzahl kleiner Bruchstücke zerfallen.

Der nähere Vorgang dieses Zerfalls ist jedoch hier folgender: Schon während der Ausbildung der ersten Nucleoluskapsel beginnt der Nucleus zu einem Band auszuwachsen (Taf. VIII. Fig. 9), dasselbe verlängert sich mehr und mehr und beginnt gleichzeitig sich vielfach zu verzweigen (Fig. 10). Auf diese Weise erhalten wir Nucleusformen, die lebhaft an die verästelten Nuclei gewisser Acineten erinnern. Die feinere Structur des Nucleus zeigt sich nun deutlich fein längsfaserig, wie während des gewöhnlichen Quertheilungsprocesses. Dieses Auswachsen und die Verzweigung schreiten immer mehr fort, so dass sich eine Totalansicht des nun so vielfach verschlungenen und verästelten Nucleus kaum mehr gewinnen lässt. Einzelne Stellen und Zweige sind mehr angeschwollen, die zwischenliegenden Partien zu feinen Fädchen ausgezogen (Taf. VIII. Fig. 11); schliesslich reissen letztere ein, so dass sich der Nucleus allmälig zu einem Hautwerk von Zweigstückchen und kleinen Kugeln auflöst; erstere setzen den Zerfall noch weiter fort, bis sie sich endlich, einige Zeit nach aufgehobener Conjugation, alle zu kleinen, annähernd gleichgrossen Kügelchen abrunden, deren Zahl 100 und mehr betragen kann. Zuweilen ereignet es sich, dass der Zerfall der Nuclei in den beiden conjugirten Thieren nicht ganz synchronisch vor sich geht.

Principiell ganz in derselben Weise erfolgt der Zerfall des Nucleus bei *P. Aurelia* und ich muss, wie schon früher, die Balbiani'sche Schilderung und Abbildung dieses Vorganges völlig bestätigen, gegenüber den entgegenstehenden Angaben Stein's und Kölliker's. Auch

hier beginnt der ursprünglich ovale und allseitig abgerundete Nucleus einige Zeit nach eingetretener Conjugation auszuwachsen; indem jedoch die hierdurch hervorgehenden Verlängerungen und Windungen immer dicht aneinandergedrückt bleiben, behält derselbe zunächst seinen früheren Umriss bei und sein Auswachsen zeigt sich nur durch die Bildung vielfacher, mäandrisch verschlungener Furchen auf seiner Oberfläche, so dass diese mit der Hirnoberfläche eines Säugethieres Aehnlichkeit erhält, wie dies Balbiani Taf. VII. Fig. 6 schon trefflich abbildet. Gegen Ende der Conjugation ist dieses Auswachsen des Nucleus gewöhnlich so weit fortgeschritten, dass er in ein dicht zusammengeknäueltes Nucleusband übergegangen ist (vergl. Taf. XV. Fig. 12 auch 78; Taf. XXVI. Fig. 8). Erst nach erfolgter Lösung der Syzigie trennen sich auch die einzelnen Windungen des Nucleusbandes mehr von einander, so dass dasselbe sich nun mehr oder weniger durch den gesammten Leib des Thieres ausbreitet. Schliesslich zerfällt auch hier dieses verzweigte Band in eine grosse Anzahl einzelner Bruchstücke von nahezu gleicher Grösse, wie bei *P. putrinum,* nur bleibt die Zahl derselben hier geringer. Der nähere Vorgang des Zerfalls ist gleichfalls ganz derselbe wie bei *P. putrinum*; er ist gerade in vollem Gang, wenn die acht Nucleoluskapseln schon eine Umbildung erfahren haben, von welcher sogleich die Rede sein wird.

Wie gesagt liefern meine Untersuchungen eine völlige Bestätigung der Schilderung, welche uns Balbiani von dem Zerfall des Nucleus gegeben hat. Stein hält diese Balbiani'sche Schilderung für unrichtig, er hat an den Nuclei der conjugirten *P. Aurelia* ausser einer geringen Längsstreckung keine Veränderungen wahrnehmen können; dagegen hat er in Gesellschaft (!) der Conjugationszustände nicht selten Individuen getroffen, die in der vorderen Körperhälfte statt des Nucleus zwei bis sieben kleinere, aber gleich grosse, ovale oder runde nucleusartige Körper enthielten; er glaubt daher, dass der Nucleus zuerst in vier bis sieben rundliche Segmente zerfalle, die sich dann erst zu mehr oder weniger langen, gewundenen Strängen entwickelten. Dass diese Einwendungen Stein's gegen die Balbiani'sche Schilderung ganz ohne Bedeutung sind, ist wohl klar, da ja nicht einmal irgend ein Beweis dafür vorliegt, dass diese von Stein gesehenen Thiere mit vier bis sieben Nucleussegmenten mit Conjugationszuständen in Zusammenhang stehen.

Was die Ursache war, dass ein so genauer Beobachter, wie Kölliker, gar nichts von dem bandartigen Auswachsen und dem Zerfall des Nucleus von *P. Aurelia* sah, ist mir nicht recht erklärlich; er bemerkt, dass er unter vielen Hunderten untersuchter Paramaecien nur einmal Andeutungen eines bandartigen Zerfalls sehr undeutlich gesehen habe. Da ihm also der wirkliche Prozess des Nucleuszerfalls vollständig verschlossen blieb, so ist es erklärlich, wie er auf den Gedanken kommen konnte, die, aus dem Zerfall des Nucleus hervorgehenden

Bruchstücke durch fortgesetzte Theilung der Nucleoluskapseln entstehen zu lassen, wodurch die thatsächlichen Verhältnisse völlig auf den Kopf gestellt wurden.

Wir kommen nun zu einem sehr wichtigen Punkt, nämlich dem weiteren Verhalten der acht Nucleoluskapseln nach aufgehobener Conjugation, ein Punkt, durch dessen Nichtbeachtung die irrigen Vorstellungen der früheren Beobachter hinsichtlich der Bedeutung der Conjugation hauptsächlich hervorgerufen worden sind.

Schon wenn das Nucleusband von *P. Aurelia* in den letzten Stadien des Zerfalls begriffen ist, zeigen sich die vorher noch schön zartstreifigen acht Nucleoluskapseln sehr wesentlich verändert; sie haben sich abgerundet und ihr früher streifig differenzirter Inhalt hat sich zu einer, nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) gleichmässig feingranulirten, ziemlich dunklen Masse umgebildet (Taf. XV. Fig. 13). So verharren die Kapseln einige Zeit nach dem vollständigen Zerfall des Nucleus und solche Stadien sind auch von Balbiani gesehen worden, wie seine Taf. VII. Fig. 9 beweist; die acht abgerundeten Kapseln, die sich auf dieser Abbildung dargestellt finden, zeigen eine verschiedene Beschaffenheit; vier derselben haben noch einen etwas streifig differenzirten Inhalt, bei den vier anderen hingegen ist derselbe gleichmässig körnig. Balbiani hielt nun irriger Weise die vier letztgenannten Kapseln für in der Entwicklung begriffene, aus Nucleusbruchstücken hervorgegangene Eier, die vier anderen hingegen deutete er, als reducirte und im Schwinden begriffene Samenkapseln. Ich vermuthe sogar, dass die Balbiani'sche Fig. 9 vollkommen richtig ist, dass sich wirklich ein derartiger Unterschied zwischen je vier und vier der Nucleoluskapseln wird constatiren lassen, denn wir werden weiter sehen, dass ganz wie bei *P. Bursaria* auch hier die eine Hälfte der Kapseln eine ganz andere Bestimmung hat wie die andere.

Schon den zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation nämlich, sehen wir vier dieser körnigen Nucleoluskapseln, in derselben Weise wie bei *P. Bursaria*, zu grossen, sehr lichten Kugeln herangewachsen (Taf. XV. Fig. 14), welche nichts anderes darstellen, als die vermeintlichen Eier Balbiani's und Kölliker's oder die Keimkugeln Stein's(?). Diese vier kugelförmigen oder zuweilen auch etwas unregelmässig gestalteten, im lebenden Thier ganz lichten, homogenen Körper zeigen ein sehr charakteristisches Verhalten. Nach Tödtung des Thieres durch Zerfliessen und nach Einwirkung des Wassers zeichnen sie sich immer noch durch ihre lichte und sehr homogene Masse aus, während sich gleichzeitig eine sehr deutliche Hülle von ihnen abhebt. Nach der Wassereinwirkung tritt in ihnen gewöhnlich auch ein centraler, heller Fleck, jedoch erst sehr allmälig hervor. Dieser Fleck repräsentirt das sogenannte Keimbläschen Balbiani's; ich bemerkte in ihm niemals ein dunkleres Körperchen, wie es Balbiani und Kölliker

beschreiben und abbilden, will jedoch an dessen zeitweiligem Vorkommen nicht zweifeln. Färbt man die Kugeln mit Carmin oder Fuchsin, so bleibt das helle Bläschen ungefärbt, eine Erscheinung, welche auch schon Balbiani auffiel und die mit der Deutung desselben als ein kernartiges Gebilde ganz unvereinbar ist. Ich fasse daher den hellen Fleck als nichts mehr oder weniger als eine Vacuole auf, welche sich innerhalb der lichten Körper gebildet hat. Schon bei *P. Bursaria* sahen wir in den lichten, aus zwei der Nucleoluskapseln hervorgehenden Körpern je ein kleines kernartiges Gebilde zeitweilig entstehen. Dasselbe wird sich auch wohl auf einem gewissen Stadium bei *P. Aurelia* finden, wie es ähnlich auch bei *putrinum* vorkommt und damit mag auch die Bildung des hellen Fleckes, wahrscheinlich auf einem späteren Stadium, im Zusammenhang stehen. Dadurch erklären sich denn auch die Kölliker'schen Beobachtungen, der zuweilen an Stelle dieses lichten Bläschens ein dunkles Körperchen oder auch ein mit starken, dunklen Wandungen versehenes, helles Bläschen fand. (Vergl. 92; Taf. II. Figg. 12 u. 14). Auch bei *Blepharisma lateritia* werden wir ähnliche dunkle Körperchen oder Bläschen in den entsprechenden lichten Körpern sich entwickeln sehen.

Die eigentliche Substanz der hellen Kugeln zeichnet sich dadurch aus, dass sie durch 1 % Essigsäure bis zur Unkenntlichkeit aufgequellt wird; diese Erscheinung ist eine ganz regelmässige, so dass ich mich wundere, dass kein früherer Beobachter ihrer gedenkt. Erst späterhin, wenn eine weitere Umbildung dieser hellen Kugeln eintritt, verliert sich diese starke Quellbarkeit durch verdünnte Essigsäure. Neben diesen vier lichten Körpern fand ich nun mehrfach noch die vier anderen Nucleoluskapseln als kleine, von den Nucleusbruchstücken nur sehr schwierig zu unterscheidende, sehr feingranulirte und dunkle Kugeln vor. Häufiger jedoch traf ich nur noch drei oder zwei dieser rückgebildeten Nucleoluskapseln und schliesslich fanden sich auch Exemplare, bei welchen sich mit aller Aufmerksamkeit keine derartige Kapsel mehr finden liess. Ich muss daher auch hier, gestützt auf die analogen Erscheinungen bei *P. Bursaria*, ein völliges Schwinden dieser vier rückgebildeten Nucleoluskapseln behaupten und zwar werden dieselben wahrscheinlich ausgeworfen.

Gegenüber Stein muss ich mit Balbiani und Kölliker das constante Auftreten von vier der oben beschriebenen, lichten Körper behaupten, ich sah nie mehr oder weniger. Eine ungenaue Kenntniss der statthabenden Vorgänge kann jedoch den Anschein erwecken, dass sich zuweilen weniger von denselben finden, indem ein Theil derselben später gewisse Umbildungen erfährt, welche ihnen ihr lichtes Aussehen rauben. Stein will jedoch nicht weniger als vier bis zwölf derartiger Kugeln gesehen haben, welche ganz allmälig in die kleinen Nucleusbruchstücke übergingen. Hieraus und aus der Schilderung, welche Stein von diesen Kugeln

gibt, möchte ich den Schluss ziehen, dass er die vier lichten Körper, die Eier Balbiani's, gar nicht gesehen, sondern die Grösseren der Nucleusbruchstücke, da dieselben in ihrem Volum häufig ziemlich differiren, für die Eier Balbiani's gehalten hat. Denselben Irrthum habe ich früher auch begangen, indem das Thier, welches ich Taf. XXVI. Fig. 9 (78) abbildete, wahrscheinlich die vier lichten Kugeln noch gar nicht entwickelt hatte.

Kölliker ist hinsichtlich dieser vier lichten Körper, welche er sehr gut abbildet, namentlich auch bezüglich ihrer Grösse (bei Balbiani sind sie nämlich gegenüber dem gesammten Thier relativ zu klein dargestellt), von einem bedeutsamen Irrthum befangen. Er lässt sie durch eine zweimalige Theilung des Nucleus hervorgehen, welche Ansicht er hauptsächlich auf die in Figg. 8—11 (l. c.) abgebildeten Zustände stützt, die er gleichzeitig in der Infusion, welche ihm die Thiere mit vier Körpern lieferte, vorfand. Gegen die Bedeutsamkeit dieser Formen hätte sich aber von vornherein der Einwand erheben lassen, dass ihre Einreihung in den Entwicklungsgang eine ganz willkürliche ist; sie gehören denn auch entschieden nicht hierher, wiewohl es schwer fällt, jedes der von Kölliker abgebildeten Stadien zu deuten. — Fig. 9 stellt wohl unzweifelhaft ein eben aus der Conjugation hervorgegangenes Thier mit vier Samenkapseln und einem Nucleusbandknäuel dar, dessen nähere Beschaffenheit nicht erkannt wurde und das daher als einfacher Nucleus gezeichnet wurde. Figg. 8, 10 u. 11 sind wahrscheinlich Stadien, wo die Reconstituirung des Nucleus schon wieder eingetreten ist; die, neben dem Nucleus gezeichneten Körperchen sind keine Nucleoluskapseln, sondern kleine Nucleusbruchstücke, welchen Kölliker überhaupt immer ein gestreiftes Aussehen gibt, was vielleicht durch seine Untersuchungsmethode hervorgerufen wurde. Er untersuchte nämlich die Thiere in verdünnter Sublimatlösung.

Am dritten bis vierten Tag nach aufgehobener Conjugation beginnt nun eine sehr bemerkenswerthe Umbildung eines Theiles und sehr wahrscheinlich gewöhnlich zweier der lichten Körper, ganz entsprechend der, welche wir schon bei *P. Bursaria* fanden. Ihre Masse differenzirt sich entweder mehr grobkörnig oder meist deutlich längsstreifig, welche verdichteten Partien nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) dunkel und glänzend erscheinen. Gleichzeitig wird ihre Gestalt wieder länglich spindelförmig wie die der früheren Samenkapseln. Zuweilen trifft man solche Körper, die gleichmässig durch ihre ganze Masse längsstreifig differenzirt sind (Taf. XV. Fig. 11); meist jedoch differenzirt sich ihre Masse in den beiden Enden der Spindel zu dickeren, dunkleren Fasern, während die Mittelregion noch homogen erscheint oder sich in feinere Fasern auflöst (Fig. 15). Auf diese Weise gehen diese, zu ächten Nucleoli wie bei *P. Bursaria* sich rückbildenden beiden lichten Körper, wie es scheint, direct in Theilungs-

zustände über, wie man sie in vorzüglichster Ausbildung neben den beiden erhaltenen, noch mehr herangewachsenen, lichten Körpern antrifft (Fig. 16). In der Masse dieser, sowie der der Nucleusbruchstücke, bemerkt man jetzt vielfach das Auftreten dunkler Granulationen (Fig. 16). Das weitere Schicksal dieser, in der genannten Weise zu in Theilung begriffenen Nucleoli rückgebildeten, beiden lichten Körper völlig klar zu stellen, gelang mir nun bis jetzt noch nicht; ich zweifle nicht, dass die Theilung wirklich geschieht, so dass also nun vier neue Nucleoli neben den beiden lichten Körpern vorhanden sind. Es ist jedoch, wie leicht begreiflich, ungemein schwierig solche zwischen den Nucleusbruchstücken zerstreute, von ihnen in Grösse und Aussehen sehr wenig differirende Nucleoli mit Sicherheit zu erkennen. Wir haben also nun Thiere vor uns, welche zwei lichte Körper und eine Anzahl (wahrscheinlich 4) neugebildeter Nucleoli. vermischt mit den Bruchstücken des alten Nucleus, enthalten. Die nächste Folge ist nun, dass diese Formen mit nur zwei lichten Körpern, die sich jedoch nun durch ein granulirteres Wesen mehr an die Nucleussubstanz des gewöhnlichen Thieres anschliessen, sich theilen. Diese Theilung geschieht ohne irgend welche Veränderung der beiden lichten Körper und der Nucleusbruchstücke, weder Vereinigung noch Theilung derselben. Jeder der Theilsprösslinge erhält einen der aus den lichten Körpern hervorgegangenen, nucleusartigen Körper und etwa die Hälfte der früheren Nucleusbruchstücke, sowie eine Anzahl, wahrscheinlich meist zwei der rückgebildeten Nucleoli, welche nachzuweisen auf diesen Stadien mit einiger Sicherheit gelang (Taf. XV. Fig. 17a—b). Der frühere lichte Körper jedes dieser Theilungssprösslinge setzt nun sein Wachsthum immer noch weiter fort und indem sich seine Substanz allmälig ganz feingranulirt differenzirt, erhält er bald völlig das Aussehen eines ächten Nucleus, hinter welchem er nur in der Grösse noch zurücksteht. Verfolgt man nun diese Thiere weiter, so bemerkt man, dass unter Heranwachsen des nucleusartigen Körpers die Zahl der Nucleusbruchstücke sich mehr und mehr verringert, so dass man sich alle möglichen Stadien bis zu der Gegenwart von nur noch einem derartigen ursprünglichen Nucleusbruchstück vor Augen führen kann. Diese Abnahme der Nucleusbruchstücke hat darin einen ersichtlichen Grund, dass die Fortpflanzung der Thiere durch Theilung weitergeht, wobei natürlich, wie ich dies auch bei *P. putrinum* ziemlich sicher beobachtet habe, der, aus der ursprünglichen Nucleoluskapsel hervorgegangene, nucleusartige Körper sich ähnlich wie ein normaler Nucleus theilen wird; leider konnte ich jedoch einen derartigen Theilungszustand nicht direct beobachten. Dieser nucleusartige Körper wird, wie aus meiner Darstellung schon ersichtlich, zu dem Stamm des Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere; nicht ganz sicher bin ich jedoch hinsichtlich des Schicksals der noch vorhandenen Bruchstücke des alten Nucleus. Ursprünglich

hielt ich die Ansicht, dass dieselben sich schliesslich allmälig sämmtlich mit dem, als Stamm des neuen Nucleus fungirenden Körper vereinigen, für zweifellos begründet, um so mehr als ja auch Balbiani und Stein die Nucleusbruchstücke allmälig wieder zu einem neuen Nucleus zusammentreten lassen. Ich hatte jedoch für diese Ansicht auch in der Beobachtung selbst Anhaltspunkte gefunden. Man trifft nämlich nicht selten Formen, wo eines oder mehrere der Nucleusbruchstücke dem neugebildeten Nucleus dicht angeschmiegt, ja häufig sogar tief in denselben eingesenkt sind (Taf. IX. Figg. 15 und 16), ein Zustand, von dem nur noch ein kleiner Schritt bis zur definitiven Verschmelzung der Bruchstücke mit dem neugebildeten Nucleus ist. Andererseits bin ich jedoch im Laufe meiner Untersuchungen immer vorsichtiger in der Deutung der verlockendsten Bilder geworden und muss mir daher selbst entgegen halten, dass die definitive Verschmelzung der Bruchstücke des alten Nucleus mit dem neugebildeten, wenn auch sehr wahrscheinlich gemacht, so doch nicht definitiv bewiesen worden ist. Die Analogie mit *P. Bursaria* dürfte zwar gleichfalls als Stütze angeführt werden, jedoch wird hierdurch immerhin die Möglichkeit, dass die Bruchstücke des alten Nucleus schliesslich durch Ausstossung entfernt werden, nicht gänzlich widerlegt. Dieser Punkt bedarf daher noch künftiger Aufklärung.

Was nun aber die Beobachtung, abgesehen von dem Schicksal der Bruchstücke des alten Nucleus, unwiderleglich beweist, ist, dass schliesslich die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere wieder einen einfachen Nucleus und Nucleolus erhalten und sich der neugebildete Nucleus dadurch auszeichnet, dass ein beträchtlicher Antheil desselben (möglicherweise jedoch auch der ganze Nucleus) durch Auswachsen einer der ursprünglichen acht Nucleoluskapseln hervorgegangen ist. Das gänzliche Verschwinden der Bruchstücke des alten Nucleus nimmt eine sehr verschieden lange Zeit in Anspruch. So fand ich unter einer Anzahl, am 20. October 1874 isolirter Thiere, noch am 1. November ein Thier, das neben dem neuen Nucleus sechs Nucleusbruchstücke enthielt, während schon am 26. October das erste Thier mit einfachem Nucleus ohne Nucleusbruchstücke gefunden worden war.

Von einer Entwicklung von Embryonalkugeln und Embryonen ist natürlich ebensowenig die Rede, als von einer Eibildung und Ablage, da wir die wahre Bedeutung der Balbiani'schen Eier als eine ganz andere gefunden haben.

Schaaffhausen (72) will übrigens das Eierlegen von *P. Aurelia* wirklich gesehen und diesen Vorgang stundenlang beobachtet haben. Ob dies an wirklich aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren geschah, wird nicht angegeben. »Das mit Eikugeln, die von heller Flüssigkeit umgeben sind, strotzend gefüllte Thierchen lässt in einer Stunde mehrmals ein solches Ei austreten und zwar an verschiedenen Stellen des Hinterleibes« — »die von *Paramaecium*

gelegten Kugeln bleiben stundenlang unbewegt liegen und allmälig bildet sich ein Vorsprung an der Kugel mit einem Wimpersaum, mittelst dessen das Thierchen dann fortschwimmt.« Ich kann mich des Gedankens nicht erwehren, dass diese vermeintlichen Eier nichts weiter wie Speiseballen waren, welche nach stattgefundener Verdauung ausgeschieden wurden; oder ha Schaaffhausen nur die parasitischen Sphaerophryen von *P. Aurelia* beobachtet, die ihm ganz unbekannt zu sein scheinen, womit jedoch nicht in Uebereinstimmung zu bringen wäre, dass die ausgeschiedenen Kugeln ruhig liegen bleiben sollten. Jedenfalls können aber die Beobachtungen von Schaaffhausen das Eierlegen von *P. Aurelia* nicht beweisen.

Der Vollständigkeit wegen führe ich noch an, dass Balbiani nach Ablage seiner vermeintlichen Eier die Nucleusbruchstücke wieder zu einem Nucleus zusammentreten, den Nucleolus aber sich völlig neu bilden lässt. Eine Widerlegung der Stein'schen Ansichten über die ferneren Vorgänge in den aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere halte ich nicht für nöthig, da ihnen jede thatsächliche Grundlage fehlt.

Ich wende mich daher sogleich zur Besprechung der bei *P. putrinum* nach aufgehobener Conjugation statthabenden Vorgänge.

Diese Art war zwar die erste, bei welcher ich auf die wichtige Thatsache aufmerksam wurde, dass die acht streifigen Nucleoluskapseln nach aufgehobener Conjugation nicht schwinden; ich war jedoch bei ihrer Untersuchung noch zu weit von der richtigen Spur entfernt, um zu einem völligen Verständniss der Vorgänge zu gelangen.

Schon sehr kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation bilden sich auch hier die acht ovalen, streifigen Nucleoluskapseln (Taf. VIII. Fig. 11) zu feingranulirten Kugeln um (Fig. 13); meist sah ich sie alle in dieser Weise umgebildet, wobei jedoch vier bis sechs sich durch ihre bedeutendere Grösse vor den anderen auszeichneten. Solche Zustände hatte ich schon früher gesehen und abgebildet (78; Taf. XXV. Fig. 5), jedoch im Anschluss an Balbiani falsch gedeutet, indem ich die granulirten Nucleoluskapseln für aus den Nucleolusbruchstücken hervorgegangene Eianlagen hielt. Ganz gegen Ende meiner Untersuchungen an *P. putrinum* machte ich noch eine Beobachtung, die es mir nun sehr wahrscheinlich macht, dass auch hier dieselbe Regelmässigkeit in der Weiterbildung der Nucleoluskapseln herrscht, die wir bei *P. Aurelia* fanden. Ein eben aus der Conjugation hervorgegangenes Thier wurde isolirt und hatte sich schon nach Ablauf von 24 Stunden getheilt; jeder der Theilsprösslinge (Figg. 12a u. b) enthielt zwei ansehnliche Nucleoluskapseln mit granulirtem Inhalt, daneben das eine noch eine, das andere hingegen drei geschrumpfte, jedoch noch sehr deutliche kleine Kapseln. Hiernach scheint es mir wahrscheinlich, dass sich auch hier bei weiterer Untersuchung dieselbe

Regelmässigkeit bezüglich der Umbildung der Nucleoluskapseln ergeben wird, wie bei *P. Aurelia.*

In meiner vorläufigen Mittheilung (79) schrieb ich die Verminderung der Zahl der körnigen Nucleoluskapseln, welche man schon am ersten oder zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation eintreten sieht, nur der, wie wir oben sahen, schon am zweiten Tag nach Lösung der Syzigie eintretenden Theilung zu; jetzt muss ich es für sicher halten, dass diese erste Verminderung dadurch geschieht, dass sich nur ein Theil (wahrscheinlich meist die eine Hälfte derselben) wie bei *P. Aurelia* weiter entwickelt, die anderen hingegen sich mehr und mehr rückbilden, um schliesslich wahrscheinlich ganz zu schwinden, wie bei den übrigen Paramaecien.*)

Man trifft also am zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation gewöhnlich vier bis sechs solcher, an Grösse etwas ungleicher Nucleoluskapseln (Figg. 13—16). Im lebenden Thier erscheinen sie hell, jedoch erkennt man bei hinreichender Pressung schon ihre granulirte Beschaffenheit. Die Fig. 15 abgebildete Form ist sehr interessant wegen ihrer Aehnlichkeit mit den Entwickelungszuständen der Nucleoli gewisser Infusorien (*Euplotes, Stylonichia*) während der Conjugation. Allmälig ändert sich jedoch die Beschaffenheit der Substanz der Kapseln, dieselbe wird mehr und mehr homogen und in ihrem Innern treten eine Anzahl dunklerer Körperchen auf (Taf. VIII. Figg. 17—20). Nach der Analogie mit *P. Bursaria* und *Aurelia* ist nun zu schliessen, dass sich ein Theil der so entstandenen lichten Körper wieder zu ächten Nucleoli zurückbildet, jedoch hat mir die Untersuchung keine sicheren Beweise hierfür an die Hand gegeben. Durch Theilung vermindert sich in den einzelnen Individuen die Zahl der lichten Nucleoluskörper; so zerfiel z. B. ein mit drei solchen Körpern versehenes Thier in zwei, von welchen das eine zwei, das andere nur einen dieser Körper mit sich nahm. Neben diesen lichten Körpern liessen sich zwischen den Nucleusbruchstücken meist noch ein bis drei kleine dunkle und feingranulirte Körper auffinden, welche ich für die durch Rückbildung der Nucleoluskapseln entstandenen Nucleoli zu halten geneigt bin. **)

Wir sehen also schliesslich Thiere hervorgehen, welche (Taf. VIII. Fig. 21) nur einen lichten Körper und daneben viele Nucleusbruchstücke, nebst einem oder mehreren Nucleoli enthalten.

---

*) Ganz sicher scheint mir letzteres Verhalten hier doch nicht, es wäre nämlich auch möglich, dass diese rückgebildeten Kapseln (Fig. 12) direct wieder die Nucleoli der aus der Conjugation hervorgehenden Thiere lieferten; bei dieser Voraussetzung würden sich meine Beobachtungen an *P. putrinum* viel einfacher erklären.

**) Der Leser wird sich wohl leicht selbst die Modificationen des Entwicklungsganges vergegenwärtigen, welche stattfinden würden, wenn die in vorstehender Anmerkung ausgesprochene Vermuthung sich als wirklich begründet erwiese.

Die weitere Entwickelung dieser Formen ist nun ganz dieselbe wie bei *P. Aurelia* und leider blieben auch hier die nämlichen Zweifel hinsichtlich des definitiven Schicksals der Nucleusbruchstücke. Der Bau dieser Nucleusbruchstücke ist anfänglich, in der ersten Zeit nach aufgehobener Conjugation, ein gleichmässig feinkörniger, verbunden mit einem mässig dunklen Aussehen. Bei einer Untersuchungsreihe traf ich sie jedoch auf vorgerückteren Stadien, wenn sich nur noch eine lichte Kugel in den Thieren fand, sämmtlich von sehr interessanter Beschaffenheit (Figg. 21, 22 und 23). Nach Behandlung mit Essigsäure hatte sich nämlich ihre Masse in einen Innenkörper und eine Aussenzone gesondert, ersterer mehr homogen, die letztere von granulirter Beschaffenheit. Der neugebildete, aus dem lichten Körper (Fig. 21) hervorgegangene, junge Nucleus (Figg. 24 und 25) zeigt nun stets eine Menge solcher homogenen Binnenkörper in seiner Masse; er hat nämlich ganz dieselbe Structur, welche der Nucleus von *P. Bursaria* gewöhnlich besitzt. Ich war daher natürlich anfänglich sehr geneigt, diesen Bau davon herzuleiten, dass die Nucleusbruchstücke sich mit dem lichten Körper vereinigten, doch liegt hierfür kein sicherer Beweis vor, da ja die ähnliche Structur des Nucleus von *P. Bursaria* gewiss nicht in dieser Weise entsteht, sondern durch Differenzirung in der Nucleusmasse.

Auch hier theilen sich die, mit in der Reconstitution begriffenem Nucleus versehenen Thiere, wobei dieser selbst getheilt wird.

Unter den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren, mit schon theilweise neugebildetem Nucleus, fanden sich jedoch auch eine Anzahl Individuen, in welchen von einem in der beschriebenen Weise neugebildeten Nucleus gar nichts zu entdecken war, sondern in ihnen waren die Nucleusbruchstücke allem Anscheine nach zu einer grösseren oder kleineren Zahl gleichmässig granulirter, ziemlich dunkler Kugeln zusammen getreten (Taf. IX. Fig. 1). In solchen Zuständen kann ich nur abnorme Bildungen erkennen, die sich wahrscheinlich dadurch erklären, dass sie aus Thieren hervorgegangen sind, welche bei der fortgesetzten Theilung gar keinen lichten Nucleoluskörper, also keine Anlage zu einem neuen Nucleus erhalten haben. Das merkwürdigste war mir, dass ich ein derartiges Thier mit einem normalen in Conjugation antraf (Taf. IX. Fig. 2), wobei sich in jedem der Thiere eine völlig normale Nucleoluskapsel entwickelt hatte.

Hieran schliesst sich denn auch der merkwürdigste Conjugationszustand von *P. putrinum*, welcher mir zu Gesicht kam. Jedes der conjugirten Thiere enthielt einen in der Entwickelung zu einer Kapsel begriffenen Nucleolus, jedoch nur das eine einen noch unveränderten Kern, das andere hingegen e n t b e h r t e j e d e s R u d i m e n t e s e i n e s N u c l e u s.

C. Untersuchungen an *Cyrtostomum (Frontonia) leucas* Ehrbg.

Taf. XIII. Figg. 9—11.

Balbiani gibt an (66; p. 490): dass sich bei *Cyrtostomum leucas* und *Panophrys* (*Bursaria* Ehrbg.) *flava* ganz die gleiche Art der Eientwickelung finde, wie bei *Paramaecium Aurelia.* Stein dagegen hat bei den Conjugationszuständen der erstgenannten Art immer einen noch unveränderten Nucleus und meist eine unentwickelte Samenkapsel angetroffen (68; p. 92).

Ich hatte nur einmal Gelegenheit *Cyrtostomum leucas* in grösserer Menge conjugirt anzutreffen; da ich nun schon wusste, dass der Schwerpunkt der Untersuchung in der Ermittelung des Verhaltens nach beendigter Conjugation liege, so untersuchte ich nur wenige Syzigien und sparte den grösseren Theil der Thiere für spätere Beobachtungen auf. Leider trat jedoch bald ein allgemeines Sterben ein, so dass ich nur wenige Stadien zur Ansicht bekam.

Während der eigentlichen Conjugation bleibt der Kern wohl wie bei *P. Aurelia* ziemlich unverändert. Bedeutend vergrösserte Nucleoluskapseln sah ich nicht, dagegen fand ich in jedem Thier einer Syzigie (Fig. 9) nicht weniger wie sechs spindelförmige Kapseln mit deutlicher Hülle und streifigem Inhalt; einige Anzeichen sprechen jedoch dafür, dass ihre Zahl noch mehr, wahrscheinlich acht betrug.

Einige Zeit nach aufgehobener Conjugation fand ich den Nucleus zu einem langen, fast durch den gesammten Leib des Thieres sich ausdehnenden, mehrfach verästelten Band ausgewachsen (Fig. 10). Vier kleine Nucleoluskapseln von derselben Beschaffenheit wie früher liessen sich deutlich erkennen.

Den zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation ergab die Untersuchung eines Thieres, dass der Nucleus schon völlig in Bruchstücke von etwas verschiedener Grösse zerfallen war (Fig. 11). Zwischen einigen zwanzig derartigen, nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) gleichmässig und ziemlich dunkel granulirt erscheinenden Bruchstücken, fanden sich einige kleine, nach Essigsäurebehandlung dunkle, sehr feinkörnige Körperchen mit abstehender Hülle, eine genaue Feststellung ihrer Zahl war nicht möglich. Es sind dies ohne Zweifel durch Umwandlung der Nucleoluskapseln hervorgegangene Gebilde, die, wie bei den Paramaecien, sicherlich noch eine bedeutende Rolle zu spielen berufen sind. Diese zu ermitteln, gelang jedoch nicht, da bis zum folgenden Tag sämmtliche Thiere abgestorben waren.

D. Untersuchungen an *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans*.

Taf. IX. Figg. 7—13.

Die auffallende Uebereinstimmung, welche diese beiden Arten in den Verhältnissen, wie sie im Laufe der Conjugation eintreten, so weit sich dies erforschen liess, zeigen, bestimmen mich, sie hier der Kürze wegen gleichzeitig zu besprechen. Ueber *Colpidium* (*Paramaecium*) *Colpoda* habe ich früher einige Bemerkungen gemacht, die sich auf die Constatirung einer Nucleoluskapsel und die Nichtveränderung des Kernes während der Conjugation beschränkten (78; p. 667).

Ueber *Glaucoma scintillans* liegen einige Mittheilungen Balbiani's vor (66; p. 519; Taf. IX. Figg. 21—22).

Aus Versehen hatte ich früher angegeben, bei *Colpidium* keinen Nucleolus gefunden zu haben, ich hatte jedoch nur die betreffende Notiz in meinem Tagebuch übersehen.

Bei den Conjugationszuständen von *Colpidium* trifft man gewöhnlich vor dem rundlichen Nucleus eine sehr langgestreckte, im lebenden Thier sich als ein heller Streif markirende Nucleoluskapsel (Fig. 9), über deren Bau man durch Behandlung des Thieres mit Essigsäure nur wenig Aufschluss erhält. Sucht man dieselbe jedoch durch Zerdrücken des Thieres zu isoliren, so schnurrt sie beim Heraustreten zusammen; ihre Membran bläht sich hierbei zu einer ovalen Blase auf, in der man ein geschlängeltes Fadenbündel liegen sieht, welches sich mit zwei Körnerpartien an die Membran ansetzt. Zuweilen bleibt jedoch auch noch ein Theil des Faserstranges in seinem ursprünglichen, gestreckten Zustand und hängt dann dem zusammengeschnurrten und aufgeblähten Theil wie ein Schwanz an (Taf. X. Figg. 26—28). Dieses Stadium der Nucleoluskapsel ist wohl mit dem früher beschriebenen, direct aus dem Nucleolus von *P. Bursaria* und *Aurelia* hervorgehenden Stadium der grossen und gekrümmten Kapsel zu vergleichen. Leider gelang es mir nicht, die weiteren Schicksale dieser Nucleoluskapsel zu verfolgen. Beobachtet man lebende Thiere, so sieht man die Kapsel immer, nicht allzulange Zeit vor der Lösung der Syzigie, sich etwas verkleinern und undeutlicher werden und schliesslich scheint sie gänzlich zu verschwinden. Meine Uebung in der Untersuchung derartiger Dinge war jedoch, als ich diese Beobachtungen anstellte, noch nicht gross und ich war fernerhin auch noch in der Vorstellung befangen, dass ein Verschwinden der Nucleoluskapseln das normale Verhältniss sei. Nach allen vollständigeren Untersuchungen, die ich seit dieser Zeit bei anderen Infusorien anzustellen Gelegenheit hatte, ist dies Verschwinden der Nucleoluskapseln jedoch keineswegs der Fall, so dass ich auch bei unserer Art wohl mit Recht vermuthen zu dürfen glaube, dass die Nucleoluskapsel sich noch weiter theile und aus Gründen, welche ich sogleich näher erörtern werde, scheint es mir wahrscheinlich, dass hier vier Nucleoluskapseln durch Theilung der grossen Kapsel hervorgehen.

Die genauere Feststellung dieser Verhältnisse muss ich jedoch einer erneuten Untersuchung überlassen.

Gegen Ende der Conjugation trifft man nun neben dem etwas verkleinerten Kern zwei kleine, sehr lichte Kugeln (Fig. 10). Ursprünglich glaubte ich, dass diese beiden Kugeln einem Theilungsprocess des Nucleus ihren Ursprung verdankten und habe diese Ansicht auch noch in meiner vorläufigen Mittheilung (79) vertreten; nach den Erfahrungen bei *P. Bursaria* und *Stylonichia Mytilus* muss ich dies jedoch nun für sehr unwahrscheinlich erklären, um so mehr als ich bei *Colpidium*, sowie dem in dieser Hinsicht sich ganz gleich verhaltenden *Glaucoma scintillans*, keine directen Anzeichen eines Zerfalls des Nucleus auffinden konnte. Ich muss es daher jetzt für höchst wahrscheinlich halten, dass diese beiden kleineren lichten Kugeln, in ähnlicher Weise wie bei *P. Bursaria*, aus Nucleoluskapseln hervorwachsen. Verfolgt man nun die eben aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere weiter, so sieht man sehr bald, dass der schon verkleinerte Kern allmälig an Grösse mehr und mehr abnimmt und gleichzeitig dunkler wird, bis er sich schliesslich zu einer kleinen dunkelen, etwas glänzenden Kugel verdichtet hat, welche nach dem Hinterende des Thieres verschoben wird. Nach einiger Zeit sieht man diese Kugel dann manchmal wieder etwas lichter werden, ohne dass sie jedoch an Grösse zunähme. Das fernere Schicksal dieses so rückgebildeten Kernes zu ermitteln, wollte mir lange Zeit nicht glücken, er war immer ganz plötzlich verschwunden. Dies brachte mich zunächst auf den Gedanken, dass hier doch wirklich eine Ausstossung stattfände, von welcher Balbiani zwar viel erzählt, sie jedoch in keinem Fall nachgewiesen hatte. Ich beobachtete daher ein solches Thier anhaltend und hatte das Glück mich mit vollständiger Sicherheit davon zu überzeugen, dass der rückgebildete Kern wirklich aus dem Hinterende des Thieres, wahrscheinlich dem After, ausgestossen wird. Ich verfolgte ihn einige Zeit im umgebenden Wasser, verlor ihn jedoch aus den Augen, da er von einer zufällig eintretenden Strömung weggerissen wurde. Es gehört etwas Glück dazu, diese Ausstossung zu beobachten, da sie in einem Moment vollzogen ist; gewöhnlich erfolgt sie etwa zwei bis drei Stunden nach aufgehobener Conjugation, einmal sah ich den rückgebildeten Kern erst am zweiten Tage nach aufgehobener Conjugation verschwinden.

Mittlerweile sind jedoch die beiden kleinen lichten Kugeln beträchtlich herangewachsen und ihre Masse zeigt sich nach Behandlung mit 1 % Essigsäure gleichmässig granulirt. Sie erlangen bald das Aussehen zweier Kerne, welche dicht aneinander gepresst sind, ohne dass sich jedoch eine Vereinigung beider herstellte. So verharren denn die Thiere in diesem Zustand einige Tage lang ohne Nahrung zu sich zu nehmen, da sie keinen Mund besitzen, der während der Conjugation seinen Untergang fand. Erst am siebenten Tage nach aufgehobener Conjugation

fand ich einen neuen Mund und wieder Speiseballen im Endoplasma. Am achten Tage hatte sich das betreffende Thier, das noch den vorhergehenden Tag die zwei Kerne enthielt, getheilt und jeder der Theilsprösslinge zeigte nun wieder einen einfachen Nucleus.

Leider vermag ich über die Entstehung eines Nucleolus nichts beizubringen; ich war zu der Zeit, als ich diese Untersuchungen anstellte, noch der Meinung, dass derselbe sich völlig neubilde. Wahrscheinlich geht er jedoch auch hier durch Rückbildung einer Nucleoluskapsel wieder hervor.

Glaucoma scintillans stand mir nur in sehr geringer Menge zur Verfügung, auch gelang es mir nicht, die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere länger wie zwei bis drei Tage am Leben zu erhalten.

Bei conjugirten Paaren traf ich neben dem Kern zwei deutliche Nucleoluskapseln mit streifig differenzirtem Inhalt, jedoch bemerkte ich nicht die von Balbiani angegebene Theilung des Kernes zu zwei vermeintlichen Eiern. Eben aus der Conjugation hervorgegangene Thiere zeigen nun, wie die von *Colpidium Colpoda*, einen grösseren rundlichen, nach Essigsäurebehandlung dunkelfeinkörnigen Körper, den schon etwas verkleinerten und verdichteten Kern und daneben zwei lichte, kleine, nach Essigsäurezusatz feinstreifig-körnig erscheinende Körper (Taf. IX. Fig. 12). Letztere zwei Körper deute ich als im Hervorwachsen begriffene Nucleoluskapseln. Der Kern fährt nun in seiner Verdichtung und Verkleinerung stetig fort und wird bald zu einer kleinen dunkelglänzenden, homogenen Kugel; die beiden lichten Körper hingegen wachsen allmälig etwa zur halben Grösse des ursprünglichen Kernes heran (Taf. IX. Fig. 13). In diesem Zustand verweilen die Thiere einige Tage nach der Lösung der Syzigie, indem die drei Körper in ihrem Innern vielfach verschoben werden. Wahrscheinlich ist nun der weitere Entwickelungsgang hier sehr ähnlich wie bei *Colpidium Colpoda*, jedoch machte das regelmässige Absterben der Thiere der Untersuchung an dieser Stelle immer ein Ende.

E. Untersuchungen an *Blepharisma lateritia* Ehrbg.

Taf. XIII. Figg. 1—5.

Dieses so interessante, durch seine meist rosenrothe Färbung ausgezeichnete, heterotriche Infusionsthier wurde schon vor langer Zeit von O. F. Müller in Conjugation beobachtet*). Auch Stein beschreibt (68; p. 83—84) eine Anzahl Formen, welche er als aus der Conjugation

---

*) Vergl. O. F. Müller, *Animalcula infusoria* p. 185. *Trichoda aurantiaca* u. Taf. XXVI. Fig. 16. Müller deutet die von ihm gesehene Vereinigung zweier Individuen schon sehr richtig als Paarung und nicht als Längstheilung, auch ist sowohl seine Schilderung als Abbildung dieser Vereinigung zweier Thiere sehr zutreffend.

hervorgegangene und in der geschlechtlichen Fortpflanzung begriffene betrachtet; ihre Beurtheilung wird weiter unten versucht werden.

Unsere Art enthält einen ovalen einfachen Nucleus; so leicht dieser jedoch auch bemerkbar ist, so schwierig ist hingegen die Frage nach dem Vorhandensein von Nucleoli zu lösen. Balbiani will bei unserem Thier einen Nucleolus gefunden haben (64); Engelmann (110) kam darüber zu keiner Sicherheit und Stein (68) gibt an, dass alle seine Bemühungen, einen Nucleolus zu finden, vergeblich waren.

Diese Frage ist jedoch auch bei *Blepharisma lateritia* sehr schwierig zu entscheiden, da es zu denjenigen Infusorien gehört, welche sich kaum oder doch nur sehr schwierig zum Zerfliessen bringen lassen und nur durch diese Procedur lassen sich kleine Nucleoli mit Sicherheit erkennen; Behandlung mit Essigsäure gibt selten entscheidende Bilder. Auch mir glückte es nicht, in den gewöhnlichen Thieren einen Nucleolus mit Sicherheit nachzuweisen, dennoch zweifle ich kaum an der Anwesenheit von nicht einem, sondern mehreren Nucleoli bei unserem Thier, da nämlich im Laufe der Conjugation deutliche Nucleoluskapseln auftreten.

Die Conjugation geschieht, wie bei den verwandten Infusorien und wie Stein schon richtig vermuthete, nur mittelst der Peristome, jedoch nicht, wie er glaubte, nur mit einem der Ränder des Peristomfeldes, sondern durch Verschmelzen der Peristomfelder längs ihrer ganzen Mittellinie, von dem Vorderende der Thiere bis dicht vor die Mundöffnung. Die Peristomränder selbst bleiben demnach ganz frei, ähnlich wie bei den späterhin noch zu besprechenden Conjugationszuständen der *Condylostoma Vorticella* Ehrbg.

Während der gesammten Dauer der Conjugation zeigt der, nach Behandlung mit Essigsäure gleichmässig und ziemlich feingranulirte Nucleus keine Veränderungen und geht in seiner ursprünglichen Gestalt in die sich trennenden Thiere hinüber. Dagegen bemerkt man an stark gepressten und dann mit 1 % Essigsäure behandelten, conjugirten Thieren stets sehr deutlich eine Anzahl kleiner nucleolusartiger Körperchen (Fig. 1). Dieselben machen etwa den Eindruck kleiner Zellkerne, indem sie als von einer dunklen Hülle umschlossene Bläschen erscheinen, in welchen ein dunkles, centrales oder excentrisches Körperchen liegt. Einige Male sah ich von diesem Körperchen feine Fasern nach der Hülle laufen, auch finden sich zuweilen solche Bläschen, welche nur einige dunkle Granula, jedoch keinen deutlichen, grösseren Binnenkörper enthalten. Die Zahl der, in jedem der conjugirten Thiere enthaltenen Körperchen dieser Art fand ich sehr verschieden; einmal traf ich nur zwei, dann wieder drei, einmal in dem einen Thier sieben, in dem anderen acht, das in Fig. 1 abgebildete Paar zeigte sogar elf in dem linken und ungefähr sechs in dem rechten Individuum. Es ist jedoch begreiflich, dass eine

genauere Feststellung der Zahl dieser kleinen, durch die verhältnissmässig grossen Thiere zerstreuten Körperchen auf grosse Schwierigkeiten stösst. Die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zeigten von den beschriebenen Körperchen nichts mehr; hingegen traf ich bei einem ganz kurz nach aufgehobener Conjugation untersuchten Thiere vor und hinter dem Kerne je eine sehr deutliche, ovale, kleine Nucleoluskapsel. Diese Kapseln waren sehr hübsch längsfaserig und die Mitten der Fasern zu je zwei dunkelen Knötchen angeschwollen, welche zusammen eine doppelte Körnerzone im Aequator der Kapsel bildeten (Fig. 2).

Statt dieser beiden unzweifelhaften Nucleoluskapseln, trifft man nun bei den, kurz nach aufgehobener Conjugation untersuchten Thieren zwei kleine, sehr lichte Körperchen von ursprünglich gleichfalls noch ovaler Gestalt neben dem Kerne. Nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) zeigen dieselben einen ziemlich grob- und dunkelgranulirten Inhalt. Diese kleinen lichten Körper wachsen nun rasch zu runden, hellen Kugeln heran, in welchen regelmässig ein excentrisch liegendes, dunkles Körperchen erscheint (Taf. XIII. Fig. 3). Im Gegensatz hierzu verkleinert und verdichtet sich der Kern beträchtlich, so dass er, den zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation, sich als ein ziemlich unregelmässiger, häufig ganz runzlig verschrumpfter Körper (Fig. 5) schon im lebenden Thier präsentirt, welchen die beiden hellen Kugeln zusammengenommen an Volumen übertreffen. Zu einer so homogenen und dunkelen Kugel, wie wir sie bei *Colpidium* und *Glaucoma* fanden, verdichtet sich jedoch der Kern hier nicht.

Am dritten Tage nach aufgehobener Conjugation traf ich zuerst auf Thiere, welche den Kern ganz verloren hatten und ich kann daher nicht zweifeln, dass der schon vorher sehr reducirte und verschrumpfte Kern auch hier ausgeworfen wird (Taf. XIII. Fig. 4). Die lichten Kugeln sind noch mehr vergrössert wie früher, nach Behandlung mit Essigsäure erscheinen sie schwach granulirt; das dunkele Körperchen in ihnen scheint um diese Zeit wieder zu schwinden.

Länger gelang es mir nun nicht, die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere lebend zu erhalten; schon am zweiten Tage nach Lösung der Syzigie starben viele ab, der Rest am dritten Tage.

Die Thiere, welche Stein als aus der Conjugation hervorgegangene und in der geschlechtlichen Fortpflanzung begriffene betrachtet, enthielten statt des Nucleus zwei bis acht kleinere, ganz homogene Kugeln von verschiedener Grösse und in mannigfach wechselnder Lagerung. Er leitet diese Kugeln von einem Zerfall des Nucleus her und ergeht sich in längeren Betrachtungen über die Modalitäten dieses hypothetischen Theilungsprocesses. Mit den von mir gesehenen Zuständen kann ich nur das, von Stein auf Taf. I. Fig. 8 (68) abgebildete Thier mit zwei grossen, nebeneinanderliegenden Kugeln in Zusammenhang bringen. Wollte man auch die

von Stein und Engelmann gesehenen Thiere mit mehr wie zwei Kugeln, als aus der Conjugation hervorgegangene betrachten, so müsste man entweder annehmen, dass die beiden hellen, aus den Nucleoluskapseln hervorgehenden Kugeln (Fig. 4) sich späterhin noch mehrfach theilten oder aber, dass die Conjugation bei unserer Art in ganz verschiedener Weise verlaufen könnte. Beide Eventualitäten halte ich für mehr wie unwahrscheinlich. Die erstere deshalb, weil die Vorgänge bei *Blepharisma* uns die grösste Analogie mit denen von *Colpodium Colpoda* bieten, ja ihrerseits die Entstehung der lichten Kugeln bei diesem Infusor noch aufzuklären im Stande sind. Es darf daher wohl auch geschlossen werden, dass das Schicksal der beiden hellen Kugeln dasselbe ist wie bei *Colpidium*, dass sie also dazu bestimmt sind neue Nuclei zu werden. Die zweite der oben ausgesprochenen Eventualitäten scheint mir aber deshalb nicht zulässig, weil ich die Vorgänge während der Conjugation zwei Mal, zu verschiedenen Zeiten, ganz in der von mir geschilderten Weise verlaufen sah. Ich bin daher geneigt, die, von Stein und Engelmann gesehenen Thiere, mit vielen Kugeln an Stelle des Nucleus, als abnorme, mit der Conjugation nicht im Zusammenhang stehende, zu betrachten.

F. Untersuchungen an *Chilodon Cucullulus* Ehrbg.

Taf. VII. Figg. 20—23.

Leider standen mir von diesem, zur Untersuchung sehr geeigneten Thierchen nur ganz vereinzelte Conjugationszustände zur Verfügung, so dass ich nur einzelne Stadien zu Gesicht bekam, welche jedoch die früheren Beobachtungen von Stein und Balbiani wesentlich ergänzen und immerhin einen Schluss auf das wahrscheinliche Ziel des ganzen Conjugationsprocesses gestatten.

Die von mir gesehenen Conjugationszustände waren sämmtlich in der schon von Engelmann (110; pag. 350) beschriebenen Weise gebildet; die beiden zusammengetretenen Thiere hatten nämlich ihre Mundöffnungen dicht aufeinandergepresst (Taf. VII. Fig. 20).

Nach erfolgter Conjugation entwickelt sich der kleine Nucleus zuerst durch einfaches Auswachsen zu einer langgestreckten, schmalen Kapsel, welche nach Behandlung mit Essigsäure einen körnigen, geschrumpften Inhalt zeigt (Fig. 20). Diese langgestreckte Kapsel wandelt sich später, wie wir das ja auch in ähnlicher Weise bei den Paramaecien trafen, in eine ovale, eigentliche Samenkapsel um, wie Taf. VII. Fig. 23 zeigt. Der Bau derselben ist recht eigenthümlich; in ihrer Mittelregion enthält sie nämlich eine Anzahl parallel nebeneinander liegender, dunkler Stäbchen, von welchen jedes nach den Enden zu in ein Büschel feiner Fasern ausläuft. Diese Kapsel theilt sich nun in ganz derselben Weise wie die der Paramaecien, wobei die

beiden Theilhälften mit ihrem Verbindungsfaden (Taf. VII. Fig. 22) sich fast bis zur Länge des sie einschliessenden Thieres ausziehen. Es ist daher nicht richtig, wenn Balbiani von *Chilodon Cucullulus* behauptet, dass er nur eine Samenkapsel producire (66; pag. 499). Das Paar, welches die in Theilung begriffene Kapsel in dem einen Thier zeigte, enthielt in dem anderen eine noch nicht in Theilung begriffene Kapsel (Fig. 23), es finden sich also hier zuweilen Unregelmässigkeiten in dem Entwicklungsprocess der Nucleoli der beiden conjugirten Thiere.

Die, direct aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zeigen einen noch gänzlich unveränderten Nucleus und hinter diesem einen, den Nucleus an Grösse übertreffenden, lichten Körper, der nach Behandlung mit Essigsäure sehr schwach granulirt erscheint (Taf. VI. Fig. 21); dicht neben diesem liegt schon wieder ein deutlicher Nucleolus, der nach Behandlung mit Essigsäure als ein dunkles, schwachkörniges Kügelchen mit abstehender Hülle erscheint. Der lichte Körper ist in raschem Wachsthum begriffen und erreicht am zweiten Tage nach aufgehobener Conjugation eine Grösse, welche drei- bis viermal die des Kernes übertrifft; der Nucleolus liegt ihm nun dicht an.

Diese letzteren Formen, mit dem grossen lichten Körper und dem noch unveränderten Nucleus, sind schon vor längerer Zeit von Stein beobachtet worden (vergl. 67; Taf. I. Figg. 13 und 18), später (68; pag. 60—61) nahm er auch an, dass dieselben aus der Conjugation hervorgegangen seien, wiewohl dies nirgends direct bewiesen worden ist. Ursprünglich liess er den lichten Körper aus einem Theilstück des Nucleus hervorgehen, nach neueren Untersuchungen vermuthete er in demselben hingegen den vergrösserten, Spermatozoën entwickelnden Nucleolus, da er ihn nämlich mehrmals mit kurzen Stäbchen erfüllt sah. Solche Stäbchen sah ich niemals in diesem Körper.

Es unterliegt nun auch keiner Frage, dass nach allen unseren Erfahrungen bei anderen Infusionsthieren dieser lichte Körper aus einer der Nucleuskapseln hervorgeht, während eine zweite Kapsel durch Reduction wieder zu der Form eines einfachen Nucleolus zurückkehrt. Unentschieden bleibt es jedoch noch, wieviel Nucleoluskapseln sich bei der Conjugation durch Theilung des Nucleolus entwickeln. Ich habe die Theilung zu zweien beobachtet, möglicher Weise können sich jedoch auch diese nochmals zu vieren theilen, von welchen dann, in ähnlicher Weise wie bei *P. Bursaria,* die Hälfte entfernt würde, die zwei anderen hingegen zu einem neuen Nucleus und Nucleolus sich umbildeten.

Unentschieden bleibt auch vorerst das Schicksal des ursprünglichen Nucleus. Nach Balbiani wird derselbe einfach einige Zeit nach aufgehobener Conjugation als Ei ausgeschieden;

es ist jedoch bei der Art der Balbiani'schen Darstellung unmöglich zu entscheiden, was Beobachtung, was Annahme ist. Stein will statt des gewöhnlichen Nucleus in manchen Fällen zwei, auch drei kleinere rundliche Körper neben dem lichten Körper beobachtet haben, welche sich durch ihr centrales, helles Bläschen, als Abkömmlinge des Nucleus verriethen. Dies liesse vermuthen, dass der Nucleus sich später noch theile; da jedoch in diesen Fällen der lichte Körper häufig nur eben so gross sein soll als die Theilstücke des Nucleus, so macht mich dies in der Beurtheilung dieser Formen sehr zweifelhaft. Ich halte es für das Wahrscheinlichste, dass der alte Nucleus schliesslich ausgeworfen wird und der lichte Körper sich zu einem neuen Nucleus verdichtet, worauf dann wieder normale Thiere hergestellt wären.

Wem Conjugationszustände unseres Thieres in grösserer Anzahl zu Gebote stehen, der wird die aufgeworfenen Fragen leicht aufklären können, da die Untersuchung dieser Formen wenig Schwierigkeiten bietet.

G. Untersuchungen an *Condylostoma (Bursaria) Vorticella* Ehrbg.

Taf. XIII. Figg. 12 u. 13.

Dieses sehr interessante Infusor wurde von Stein bei Prag 1867/68 wieder gefunden und als eine *Condylostoma* erkannt (69). Wrześniowski hat dasselbe 1865 bei Krakau aufgefunden und 1867 in den Jahrbüchern der wissenschaftlichen Gesellschaft zu Krakau unter dem Namen *C. stagnale* beschrieben; diese Abhandlung wurde später in deutscher Sprache in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1870, p. 467 wieder abgedruckt, wo sich p. 487 die Beschreibung des Thieres nach einem einzigen Exemplar findet.

Unser Thierchen scheint in hiesiger Gegend ziemlich häufig zu sein. Zuerst erhielt ich es in sehr reichlicher Menge durch Uebergiessen gefrornen Schlammes aus dem sogenannten Rechneigraben in den Promenaden Frankfurts; hier entwickelte es sich sehr rasch in Gesellschaft von Brachionen und *Notommata Sieboldii.* Später traf ich es jedoch nicht selten in verschiedenen stehenden Gewässern hiesiger Gegend. Einige Male fand ich auch Conjugationszustände, jedoch nicht reichlich und konnte sie, wie dies bei verhältnissmässig so grossen Infusorien gewöhnlich der Fall ist, nur wenige Tage am Leben erhalten.

Meine Beobachtungen über die Vorgänge während der Conjugation sind daher auch sehr unzulänglich; ich will sie aber dennoch hier mittheilen, weil sie sich auf ein so interessantes Thierchen beziehen. Die Conjugation erfolgt auch hier, wie bei den heterotrichen Infusorien sehr allgemein, nur mittels der Peristomfelder; die Thierchen kehren diese gegen einander und dieselben verschmelzen etwa in ihrer Mitte; so bildet sich zwischen den Mitten der beiden

Peristomfelder, dicht oberhalb des Mundes, eine breite Plasmabrücke, welche die beiden Thiere verbindet. Die adoralen Wimpern bleiben also bei beiden Thieren völlig intact erhalten. Gewöhnlich zeichnen sich die conjugirten Thiere noch dadurch aus, dass ihre Hinterenden dicht von dunklen Körperchen angefüllt sind, welche sich bei den einfachen Thieren spärlicher im Endoplasma zerstreut vorfinden (Fig. 12).

Die einfachen Thiere enthalten einen, längs des rechten Seitenrandes sich hinziehenden, rosenkranzförmigen Nucleus von ziemlich dichter, dunkler Beschaffenheit. Die Zahl seiner Glieder ist, wie bei einem derartigen Bau gewöhnlich, recht wechselnd; ich zählte in einer Anzahl Fällen etwa sechs bis zwölf von sehr verschiedener Grösse und Gestalt. Es gelang mir nicht, mit Sicherheit etwas von Nucleoli aufzufinden, ebensowenig wie ich bei den wenigen von mir untersuchten Conjugationszuständen Nucleoluskapseln aufzufinden vermochte. Der Nucleus zeigte sich, während der Conjugationsdauer selbst, noch in seiner ursprünglichen Gestalt.

In den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren hingegen findet man statt seiner eine verschiedene Anzahl dunkler, mehr verdichteter Kugeln, die ihrer Grösse nach etwa einem Nucleusglied entsprechen (Fig. 13) und unter einander in keinem Zusammenhang mehr stehen. Ihre Zahl schwankte zwischen vier und sieben; in ihrer Grösse blieben sie sich so ziemlich gleich. Einmal glaubte ich, bei einem Thiere den Verlust einer derartigen Kugel von einem zum anderen Tage constatiren zu können. In dieser Beschaffenheit traf ich noch das letzte der mir zur Verfügung stehenden Thiere am fünften Tag nach aufgehobener Conjugation an. Diese unzureichenden Beobachtungen gestatten es nicht, sich auch nur ein ungefähres Bild des wahrscheinlichen Verlaufs der weiteren Entwicklung der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zu machen. Auch die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen an nahe verwandten Thieren mit rosenkranzförmigen Nucleus, welche Stein und Balbiani bei *Stentor* und *Spirostomum* gemacht haben, lassen, hinsichtlich der Deutung des oben geschilderten Nucleuszerfalls, kaum mit Sicherheit etwas schliessen.

Bei *Stentor coeruleus* beobachtete Balbiani (66), bei *St. polymorphus* Stein (69), den Zerfall des rosenkranzförmigen Nucleus in seine einzelnen, sich abrundenden Gliedern. Nach Balbiani sind dies die Eier, welche später nach Aussen abgelegt werden; nach Stein's, nicht ausführlicher publicirten Mittheilungen sollen sich jedoch die Nucleuskugeln der beiden conjugirten Thiere wechselseitig zu lichten Körpern vereinigen, aus welchen dann später die Embryonalkugeln hervorgingen. Ich werde späterhin, bei der Besprechung der sogenannten Embryonen der ciliaten Infusorien, wieder auf diesen sehr unwahrscheinlichen Entwicklungsgang zurückkommen.

Wir sehen also, dass diese sich sehr widersprechenden Beobachtungen leider nichts zur Aufklärung des Schicksals der dunklen Kugeln, in welche der Nucleus bei *Condylostoma Vorticella* in Folge der Conjugation zerfällt, beitragen können.

H. Untersuchungen an *Bursaria truncatella* Ehrbg.

Taf. XI. Figg. 11—20.

Conjugationszustände von *Bursaria truncatella* scheint nur Balbiani gesehen zu haben, obgleich er sie nirgends beschreibt oder überhaupt nur specieller erwähnt, sondern sich auf die Angabe beschränkt, dass in Folge der Conjugation der Nucleus unsrer Thiere in vier Eier zerfalle (66; pag. 475).

Im ersten Frühlinge des Jahres 1875 traf ich auf eine Anzahl Conjugationszustände dieses grössten aller Infusionsthiere, die mir zwar keinen vollständigen, so doch immerhin einen nothdürftigen Einblick in die hier stattfindenden Processe gestatteten.

Die in Conjugation begriffenen Bursarien haben immer ihr Peristom nebst Mund völlig verloren, von allen den hiermit in Zusammenhang stehenden Einrichtungen (s. Taf. XI. Fig. 17), liess sich bei den conjugirten Thieren gar nichts mehr wahrnehmen, höchstens ist eine schwache, auf der Bauchseite verlaufende Einbuchtung vorhanden, welche das ehemalige, tief eingesenkte Peristom andeutet. Die beiden in Conjugation befindlichen Thiere sind mit den Bauchflächen ihrer vorderen, rechten Seitenecken übereinander geschoben und hier auf eine kleine Strecke hin verschmolzen (Figg. 11 u. 12). Es fanden sich sowohl gleich grosse, als auch in ihrer Grösse sehr verschiedene Thiere mit einander in Vereinigung. Im Laufe der Conjugation werden die Thiere durch Anhäufung einer Menge sehr feiner, dunkler Körnchen in ihrem Endoplasma viel dunkler, so dass die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere sich im durchfallenden Licht durch eine intensiv bräunlichgelbe Färbung auszeichnen.

Die nähere Untersuchung conjugirter Paare ergab nun stets einen Zerfall des bandförmigen Nucleus (Fig. 17) in eine beträchtliche Anzahl einzelner Segmente. So zählte ich in dem, in Fig. 12 abgebildeten Paar in dem einen Thier zwölf, in dem anderen hingegen nur sechs Segmente. Diese Nucleusbruchstücke besitzen nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) theils eine rundliche bis längliche, theils eine mehr unregelmässige bis eckige Gestalt (Figg. 13—15). Sie zeigen eine deutliche Hülle, einen grobkörnigen Inhalt und einen oder mehrere dunklere, gelbliche, ziemlich homogene Binnenkörper von meist abgerundeter, zuweilen jedoch auch länglicher Gestalt (Fig. 13). Sehr häufig finden sich drei solcher runder, zu einem kleeblattartigen

Gebilde theilweis vereinigter Körper (Figg. 12 u. 14), zuweilen liegen sie jedoch auch isolirt innerhalb des Segmentes (Fig. 15).

Beim Zerdrücken eines Paares traf ich nun aber deutliche, durch Umbildung der Nucleoli hervorgegangene Kapseln; dieselben erinnerten in ihrem Bau auffallend an ein gewisses Stadium der Kapseln von *Stylonichia Mytilus*; sie zeigen nämlich (Taf. XI. Fig. 18) einen feinkörnigen, centralen Kern und von diesem ausstrahlend, eine grosse Zahl feiner Fasern, welche sich nach der Hülle und einer, längs dieser auf eine gewisse Strecke hin sich findenden Körnermasse begeben. Das Entstehen dieses interessanten Baues der Nucleoluskapseln aus der Formation des ursprünglichen Nucleolus (Figg. 19 u. 20), die oben pag. 286 beschrieben wurde, ist nicht schwer verständlich; der centrale Kern der Kapsel entspricht dem Binnenkörper des Nucleolus, die Körnermasse dem Rest der Umhüllungszone. Das conjugirte Paar liess etwa ein Dutzend solcher Kapseln mit Sicherheit erkennen, welche zum grösseren Theil dem einen der Thiere anzugehören schienen.

In den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren fand ich von Nucleoluskapseln oder Nucleoli nichts, doch will dies nicht viel sagen, da ich die Nucleoli der *Bursaria* erst durch spätere Untersuchungen erkannte.

Die Beschaffenheit der Nucleussegmente ist bei den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren noch die früher beschriebene. Ihre Zahl ist sehr verschieden und hängt ohne Zweifel von der Grösse des ursprünglichen Nucleus ab. In einem sehr kleinen Thier traf ich einmal nur vier, in grösseren hingegen sechs bis elf Segmente.

Vier Syzigien, welche ich in einer grossen Wassermenge isolirt hatte, starben schon den ersten Tag nach aufgehobener Conjugation sämmtlich ab. Da jedoch die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere durch den Mangel des Peristoms etc. leicht kenntlich sind, so suchte ich nach solchen in dem Wasser, welches mir die Conjugationszustände geliefert hatte; es fanden sich denn auch darin noch eine ziemliche Zahl solcher Thiere, worunter denn auch nun solche Formen, die neben den gewöhnlichen Nucleussegmenten eine Anzahl dunkler, glänzender und bedeutend kleinerer Kugeln zeigten (Taf. XI. Fig. 16). Aber auch in den Segmenten war die gesammte Inhaltsmasse schon zu einem gemeinsamen Körper verdichtet. Hieraus lässt sich nun ohne Zweifel der Schluss ziehen, dass die dunkeln Kugeln durch eine bedeutende Verdichtung der Nucleussegmente entstehen, in ähnlicher Weise, wie wir derartige Kugeln bei gewissen anderen Infusorien aus den Theilstücken des Nucleus hervorgehen sehen werden. Die später gefundenen Zustände zeigten nun nur noch dunkele Kugeln, so dass also sehr wahrscheinlich schliesslich alle Nucleussegmente sich in solche umwandeln.

Weiter brachten mich meine Untersuchungen in der Erkenntniss des Conjugationsprocesses nicht. Immerhin lässt sich daraus doch schon, bezüglich der früheren Angaben von Balbiani und Stein, einiges schliessen. Dass ersterer der *Bursaria truncatella* die Bildung von nur vier Eiern zuschreibt, erklärt sich wohl daraus, dass er ein Thier mit vier dunklen Kugeln angetroffen hat, wie denn auch ich ein solches von nur geringer Grösse traf; meist finden sich aber mehr solcher Kugeln.

Stein (68; pag. 307) hat mehrere Thiere mit ganz geschlossenem Peristom beobachtet, welche vier oder fünf lichte, homogene Kugeln enthielten; ich glaube mit Recht vermuthen zu dürfen, dass dies wirklich aus der Conjugation hervorgegangene Thiere waren, welche noch nicht verdichtete Nucleussegmente enthielten. Früher (67) hatte Stein diese Thiere in den Entwicklungskreis von *Trachelius Ovum* gezogen. Er bringt diese helle Kugeln natürlich in Verbindung mit den von ihm bei *Bursaria truncatella* beobachteten Embryonen; die Kugeln sollen sich zunächst in Embryonen umwandeln, welche sich dann so vermehrten, dass sie schliesslich das gesammte Plasma des Mutterthieres erfüllten.

Ich muss nun zuerst bemerken, dass ich in dem Wasser, das mir die Conjugationszustände geliefert hatte, ganz vergeblich nach Thieren mit Embryonen suchte; ich fand bei keinem Thier das geringste Anzeichen einer Embryonenbildung.

Hinsichtlich dieser Embryonen von *Bursaria truncatella* liegen jedoch sehr widerspruchsvolle Angaben vor. Stein erkannte in demselben kleine ovale, ganz bewimperte und an einem Ende mit einem Saugnäpfchen (?) versehene Thierchen. Dr. Eberhard in Coburg will dagegen *Bursaria truncatella* ganz mit Kugeln vollgepropft angetroffen haben, welche sich nach dem Zerfliessen des Thieres durch Sprossung von Tentakeln sehr bald in echte Acineten verwandelten. Kurze Zeit hernach sprosste ein Wimpernkleid hervor, die Tentakeln verloren sich gemach und das ciliate Infusor war fertig (71). Sowohl Stein wie Eberhard fanden diese Embryonen stets in Bursarien mit völlig geschlossenem Peristom.

An eine Vereinigung dieser beiden, so bestimmt gemachten Angaben, hinsichtlich der Embryonen von *Bursaria truncatella,* lässt sich nicht denken. Es mögen wohl beide Forscher richtig gesehen haben, aber beide haben sicherlich keine Embryonen, sondern Parasiten beobachtet. Für die acinetenartigen Embryonen Eberhard's dürfte dies nicht zweifelhaft sein, wenn man berücksichtigt, dass ich später den absolut sicheren Nachweis führen werde, dass die acinetenartigen Embryonen der Stylonichien und Paramaecien Parasiten sind. Schwieriger stellt sich die Frage bei den Stein'schen Embryonen. Dass sie Embryonen seien, ist, wie ich voraus bemerken will, eine weder durch Erkenntniss ihrer Abstammung, noch ihrer späteren Entwicklung gestützte

Vermuthung, der man mit gleichem Recht diejenige, dass sie Parasiten seien, gegenüber stellen kann. Stein leitet sie von den lichten Kugeln der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere ab; dies ist jedoch unrichtig, denn, wie oben geschildert wurde, verdichten sich diese zu dunklen kleinen Kugeln, deren Uebergang zu Embryonen sehr unwahrscheinlich ist. Wir sahen schon mehrfach solche dunkle Kugeln aus dem Nucleus conjugirter Infusorien hervorgehen und werden namentlich bei den Stylonichien diesen Vorgang noch näher verfolgen; das schliessliche Schicksal derselben ist jedoch ein ganz anderes, sie werden nämlich ausgeworfen. Fernerhin scheint mir die Thatsache, dass die, zahlreiche Embryonen enthaltenden Thiere, einen völlig ausgebildeten Nucleus aufweisen, es gewiss sehr unwahrscheinlich zu machen, dass die Stein'sche Deutung richtig sei; denn da der Nucleus in irgend einer Weise bei der Embryonenbildung betheiligt sein muss, so müsste ohne Zweifel eine bedeutsame Reduction desselben eintreten. Dies müsste auch der Fall sein, wenn etwa die Embryonen sich in ähnlicher Weise, wie die inneren Schwärmsprösslinge der Acineten, in gewöhnlichen, nicht conjugirten Thieren bildeten, eine Möglichkeit, die ja nicht unbedingt von der Hand zu weisen ist. Die Stein'sche Annahme, dass der Nucleus sich während der Embryonenentwicklung ganz neugebildet hätte, macht seine Deutung durch Zufügung einer neuen Hypothese nur weniger wahrscheinlich. Auf alle Fälle aber ist es unzulässig, auf so zweifelhafte Dinge, wie die vermeintlichen Embryonen der *Bursaria truncatella*, irgend welche weitergehende Schlüsse bauen zu wollen.

I. Untersuchungen an *Stylonichia Mytilus* O. F. Müller und *pustulata* Ehrbg.

Taf. XI. Figg. 3—10 und Taf. XII.

Die Conjugationsformen dieser hypotrichen Infusionsthiere sind zuerst von Stein, zwar noch als Längstheilungszustände, so doch sehr genau geschildert worden (67). Die Conjugation der Stylonichien verläuft nach diesen und Engelmann's Untersuchungen (110) nicht immer in derselben Weise, so dass Stein drei Arten derselben unterscheidet (68). Die erstere, für uns allein in Betracht kommmende, besteht in einer Verschmelzung der in gleicher Stellung zusammentretenden beiden Thiere mit ihren ungleichnamigen vorderen Partien der Seitenränder. Bei der zweiten Art geschieht die Verschmelzung fast in der ganzen Längsausdehnung der Thiere und bei der dritten schliesslich findet eine völlige Fusion der beiden in Verbindung getretenen Thiere statt. Bei den zwei zuerst genannten Arten der Vereinigung hat Stein auch den interessanten Vorgang der Trennung genauer beobachtet. Derselbe zeichnet sich dadurch aus, dass sich die Wimpersysteme der Thiere nahezu vollständig neu bilden, womit im Zusammenhang steht, dass die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere sich durch eine viel

kürzere und breitere Gestalt von den ursprünglich in die Conjugation eingetretenen unterscheiden. Engelmann hat diese Angaben späterhin noch durch den Nachweis vervollständigt, dass denselben sowohl der Mund, als der innere Peristomrand fehlt. Ich will hier noch hervorheben, dass sich bei unseren Thieren im Laufe der Conjugation auch eine sehr interessante Veränderung des Endoplasma's ausbildet. Dies füllt sich nämlich allmälig mehr und mehr mit feinen, dunkelen Körnchen dicht an, so dass die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere sich durch ein sehr dunkeles, körniges Aussehen auszeichnen (Taf. XI. Fig. 5).

Da mein Bestreben hauptsächlich auf die Erforschung des Verhaltens des Nucleus und Nucleolus gerichtet war, so habe ich auf die, von Stein und Engelmann dargestellten Neubildungen der Wimpersysteme nicht besonders geachtet, was ich jedoch davon gelegentlich sah, konnte den früheren Beobachtungen nur zur Bestätigung dienen.

Balbiani (66) hat hingegen sehr werthvolle Mittheilungen über das Verhalten des Nucleus und Nucleolus bei *St. Mytilus* gegeben, welche wir weiter unten noch näher zu betrachten haben werden.

Stylonichia Mytilus eignet sich ihrer Grösse und Beschaffenheit wegen viel besser zu unseren Untersuchungen, ich bin deshalb auch bei dieser Art viel weiter in der Erkenntniss der sich abspielenden Vorgänge gelangt, so dass ich dieselbe zunächst näher betrachten will, um dann später das wesentlich gleiche Verhalten der anderen Art zu zeigen.

Die Stylonichien enthalten bekanntlich zwei hintereinanderliegende, ovale bis längliche Nuclei, welche, wie wir oben sahen, durch einen sehr zarten Faden in Verbindung stehen. An der linken Seite jedes Nucleus liegen gewöhnlich ein oder zwei Nucleoli, in Gestalt kleiner, dunkeler, fast homogener Körperchen, welche von einer Hülle nichts Deutliches unterscheiden lassen. Wie früher schon hervorgehoben wurde, ist die Zahl der Nucleoli bei *St. Mytilus* sehr schwankend, gerade bei den von mir gesehenen Conjugationszuständen fand ich mehrfach nur einen Nucleolus, welcher dann mitten zwischend en beiden Kernen lag. *)

Die ersten Veränderungen der Nuclei nach eingegangener Conjugation bestehen in einer Umwandlung ihrer Masse; einmal verlieren sich die queren, spaltförmigen Höhlen, wenn solche anwesend waren und die Structur der Nucleussubstanz wird undeutlich längsfaserig-körnig. Dabei zeigen die Nuclei nun schon eine Längsstreckung, ihre Mitte (Taf. XII. Fig. 9) schnürt sich sodann

---

*) Alle die von mir zu beschreibenden Conjugationszustände von *St. Mytilus* leiten sich von Formen mit nur einem Nucleolus oder zweien ab; Thiere mit vier Nucleoli, die sonst sehr gewöhnlich sind, traf ich nicht in Conjugation. Dagegen waren es Thiere der letzteren Form, welche Balbiani in Conjugation untersuchte, was ich bei dem Vergleich unserer Beobachtungen zu beachten bitte.

ein und zieht sich schliesslich zu einem deutlich längsfaserigen Strang aus, der sich, mit der Entfernung der beiden Theilhälften von einander, in einen feinen Faden ausspinnt, sich jedoch, wie ich aus mehrfachen Beobachtungen schliessen muss, noch bis gegen Ende der Conjugation erhält (Taf. XII. Fig. 11).

Auf diese Weise gehen also einige Zeit nach eingetretener Conjugation vier Nucleusbruchstücke hervor, welche bis gegen Ende der Conjugation keine weiteren Veränderungen zeigen, sondern nach Behandlung mit Essigsäure (1%) immer ein gleichmässig grobkörniges Aussehen bewahren.

Viel mehr Schwierigkeit macht die Feststellung der Umwandlungen der Nucleoli, da man ihre Entwicklung am lebenden Thier nicht mit Sicherheit verfolgen kann, sondern genöthigt ist, dieselbe aus den einzelnen, zur Beobachtung gelangenden Bildern zu combiniren, wobei dann leicht Zweifel über die wahre Aufeinanderfolge derselben sich einstellen. Einige Hülfe glaube ich hierbei in der, mir auch bei anderen Infusorien aufgestossenen Thatsache gefunden zu haben, dass nämlich die zu gleicher Zeit eingefangenen Conjugationszustände zum grösseren Theil auf einer ähnlichen Stufe der Entwicklung stehen. Hieraus dürfte sich mit Recht der Schluss ziehen lassen, dass gewisse Zustände, die man mit einiger Regelmässigkeit und in grösserer Anzahl sich folgen sieht, auch wirklich auseinander hervorgehen.

Die ersten Entwicklungsvorgänge, welche die Nucleoli nach Eintritt der Conjugation zeigen, bestehen in einer Vergrösserung, wodurch ihre Masse an Dichtigkeit mehr und mehr verliert, indem sie gleichzeitig ihr früher homogenes Aussehen mit einem schwachgranulirten vertauscht. Damit verbunden ist die Differenzirung einer deutlichen Hülle. Mit dem weiteren Fortschreiten dieses Wachsthums geht auch die Differenzirung der Nucleolusmasse weiter; dieselbe löst sich zu einer grossen Anzahl feiner Fasern auf, die von einer Gegend der Hülle nach allen Seiten hin ausstrahlen (Taf. XII. Fig. 1). Solche Zustände trifft man gewöhnlich neben den in der Theilung begriffenen Kernen an. Schwieriger verständlich sind nun in ihren gegenseitigen Beziehungen die grossen, im lebenden Thier als ganz helle Kugeln erscheinenden Kapseln, welche man gewöhnlich neben den schon getheilten Nuclei findet. Sehr häufig zeigen dieselben den Bau der Figg. 1 und 10; von einem körnigen, im Centrum der Kapsel gelegenen Körper strahlen nach allen Seiten feine Fasern nach der Hülle aus, wie die Strahlen einer Sonne. Bei anderen Formen, die sich gewöhnlich durch bedeutendere Grösse auszeichnen, sieht man die Fasern von zwei sich entgegenstehenden Stellen der Hülle entspringen und in einer Zone zusammentreffen, die verworren dunkelkörnig erscheint (Taf. XII. Figg. 3 und 4). Gewöhnlich liegt diese Zone dem einen Faserpol der Kapsel näher, manchmal jedoch auch dichter am Aequator derselben. Es scheint mir nun sehr wahrscheinlich, dass diese Formen in der Ord-

nung, wie ich sie beschrieb, auf einander folgen, obgleich ich nicht im Stande bin, ihren Entwicklungsgang völlig verständlich zu machen.

Es liegen nun gewisse Beobachtungen vor, welche dafür zu sprechen scheinen, dass im Laufe der weiteren Entwicklung diese soeben beschriebenen, grossen und hellen Kapseln eine sehr bedeutende Reduction erfahren, so dass sie wieder zu kleinen längsstreifigen, im lebenden Thier gar nicht sichtbaren Kapseln herabsinken (Taf. XII. Fig. 12). Auf diese in Fig. 12 wiedergegebenen Zustände stiess ich nämlich meist einige Stunden später; die beiden reducirten Nucleoluskapseln liegen gewöhnlich dicht hintereinander und um sie deutlich zu sehen, muss man sich concentrirter Essigsäure bedienen, welche das Plasma sehr aufhellt, die Kapseln hingegen nur wenig angreift. Gleichzeitig mit den eben geschilderten Formen trifft man aber, gewöhnlich in tiefer Nachtzeit (da wie mir schien die Conjugation mit Anfang des Tages gewöhnlich eintritt), Thiere mit grossen hellen, ovalen Kapseln, welche den Bau der sogenannten reifen Samenkapseln Balbiani's prächtig zeigen. Schon in dem lebenden Thier zeigten diese Kapseln sehr deutliche, matte Längsstreifen, welche im Aequator zu einer Zone stärkerer, dunkeler Stäbchen anschwollen (Taf. XII. Fig. 5); nach Behandlung mit Essigsäure hat sich die Inhaltsmasse zu einer Spindel contrahirt, deren Enden mit der Hülle in Zusammenhang stehen und die Structur ist jetzt viel deutlicher geworden (Fig. 6). Andere Stadien zeigen die deutlichsten Theilungsformen dieser Kapseln (Fig. 11); die Zone der dunkelen Stäbchen hat sich getheilt und indem sich die gesammte Kapsel in die Länge streckt, rücken die beiden Hälften der Stäbchenzone mehr und mehr nach den Enden der langgedehnten Kapsel (Figg. 7 und 8). Die Uebereinstimmung dieser Formen mit den früher von mir geschilderten Theilungszuständen von ächten Zellkernen ist so auffallend, dass ich, obgleich ich später noch darauf zurückkommen werde, dennoch an dieser Stelle die Aufmerksamkeit besonders auf diesen Punkt lenken möchte. Diese Analogie, zusammen mit der Aehnlichkeit der entsprechenden Theilungszustände der Nucleoluskapseln der Paramaecien, macht es auch unabweislich, in diesen Formen mit Sicherheit Theilungszustände zu erkennen. Letzteres ergibt sich denn auch daraus, dass sich mit diesen, solche Theilungszustände zeigenden Stadien auch andere vorfanden, welche in jedem der Thiere vier Kapseln enthielten. Diese vier Kapseln waren jedoch schon wieder zusammengeschrumpft und verkleinert, zeigten jedoch durch ihre Längsstreifung auf das deutlichste ihre Herkunft (Fig. 13).

Oben schon habe ich erwähnt, dass sich auch conjugirte Paare fanden, welche je zwei dicht zusammenliegende, geschrumpfte Kapseln ganz von der Beschaffenheit der eben geschilderten, durch die Theilung hervorgegangenen vier Kapseln zeigten (Fig. 12); hinsichtlich der Entstehung

dieser zwei Kapseln wies ich auch schon vorhin auf eine Ansicht hin, welche ich sehr lange hegte, die ich jedoch jetzt für irrig halte. Ich glaubte nämlich annehmen zu müssen, dass die Kapseln von der Form Figg. 3 und 4 wieder zu den geschrumpften Formen der Fig. 12 zurücksänken und hierauf erst in die Theilungszustände Figg. 11 etc. übergingen. Wie gesagt, halte ich jetzt einen so complicirten Entwicklungsgang für irrthümlich und leite nun die Theilungszustände direct aus den Formen Figg. 3 und 4 ab, was sich auch sehr ungezwungen bewerkstelligen lässt. Diese ganze Verwirrung war dadurch hervorgerufen worden, dass, wie früher schon hervorgehoben wurde und z. B. auch die Fig. 11 zeigt, die sich conjugirenden Stylonichien bezüglich der Zahl ihrer Nucleoli keine Uebereinstimmung zeigten, sondern bald einen, bald zwei dieser Körper enthielten. Diese Thatsache erklärt nun viel einfacher die Formen wie Fig. 12, sie leiten sich nämlich von zwei conjugirten Thieren her, die ursprünglich nur je einen Nucleolus enthalten hatten und welche nun, nachdem sie einmal getheilt worden, in den geschrumpften Zustand übergegangen waren. Die Fig. 12 repräsentirte demnach denselben Entwicklungszustand wie Fig. 13 mit dem einzigen Unterschied der Zahl der Nucleoluskapseln, welche durch die Anzahl der ursprünglich vorhandenen Nucleoli bedingt ist. Fraglich bleibt jedoch dann die Weiterentwicklung solcher Formen wie Fig. 12, da ich dieselbe nur von solchen mit vier Kapseln erkannte und ich nicht glaube, dass die Kapseln der Fig. 12 sich noch einmal durch Theilung vermehrten. Es ist nicht schwierig aus dem weiter mitzutheilenden Entwicklungsgang der vierkapseligen Formen einen Wahrscheinlichkeitsschluss hinsichtlich der zweikapseligen zu ziehen, jedoch fehlt noch dessen Bestätigung durch die Beobachtung. Der weitere Entwicklungsgang der vierkapseligen Formen Fig. 13 ist nun folgender. Gegen das Ende der Conjugation zeigen die vier, meist in einer Reihe hintereinander liegenden Kapseln eine sehr merkwürdige Verschiedenheit in ihrer Weiterbildung. Die zweithinterste fängt an zu wachsen (Taf. XII. Fig. 14), wird lichter und ihr ursprünglich nach Behandlung mit 1 % Essigsäure noch feinfaseriger Inhalt geht allmälig verloren und macht einem feingranulirten Platz. Die beiden vor und hinter dieser gelegenen Kapseln verdichten sich zu kleinen, dunkelen Kugeln, die vorderste dagegen erhält sich noch eine Zeit lang unverändert; später wird jedoch auch sie umgebildet (Fig. 15) und nimmt nach Behandlung mit Essigsäure ein dunkelkörniges Wesen an. Jetzt beginnen jedoch auch die früherhin noch unveränderten vier Nucleusbruchstücke sich zu verdichten und werden zu nahezu homogenen, dunkelen, glänzenden Kugeln (Fig. 15). Wenn die Thiere dicht vor der Trennung stehen, markiren sich schon die beiden ausgewachsenen Nucleoluskapseln als helle, lichte Körper in den lebenden Thieren sehr deutlich. Die beiden ihnen jetzt sehr nahe gerückten, benachbarten und reducirten Kapseln haben schon

wieder ganz das Aussehen der früheren Nucleoli erlangt; die vorderste Kapsel schliesslich verdichtet sich noch mehr und wird zu einer kleinen glänzenden Kugel, ähnlich den Nucleuskugeln.

Nun erfolgt die Trennung. In den getrennten Thieren setzt nun zunächst der lichte Körper sein Wachsthum anhaltend fort und wird zu dem grossen, hellen, die ganze Mitte des Thieres ausfüllenden Körper, welchen schon Stein, Balbiani und Engelmann beschrieben haben.

Einige Stunden nach aufgehobener Conjugation erfolgt nun aber die Ausstossung der dunkelen Nucleuskugeln, der vermeintlichen Eier Balbiani's. Auf die sichere Constatirung dieses Punktes habe ich natürlich die grösste Mühe verwandt und es kann auch kein Zweifel mehr in dieser Hinsicht obwalten. Legt man ein Thier, welches die Kugeln noch enthält, durch Druck des Deckgläschens fest oder isolirt man es in einem kleinen Tröpfchen Wasser, das man vorher genau unter dem Mikroskop durchsucht hat, um sich von der Abwesenheit irgend welcher, vielleicht Täuschung erzeugender Dinge zu versichern, so wird man etwa sechs bis acht Stunden nach aufgehobener Conjugation sämmtliche oder zunächst einen Theil der Kugeln ausserhalb des Thieres mit Sicherheit auffinden. Zuweilen ereignet sich der Fall, dass sich die Kugeln innerhalb des Thieres einige Zeit nach Lösung der Syzigie entweder paarweise (Fig. 16) oder sämmtlich, wie in Fig. 17, vereinigen. In diesem Fall lässt sich mit noch grösserer Sicherheit die Identität der ausgestossenen Kugeln mit den früher in dem Thiere befindlichen demonstriren.

Es fragt sich nun auch, was aus der, wie früher erwähnt, gleichfalls sehr verdichteten vordersten Nucleoluskapsel (Fig. 16) wird; ich muss es für sehr wahrscheinlich halten, dass dieselbe gleichfalls mit den Nucleuskugeln entfernt wird. Die in Fig. 17 wiedergegebenen, zusammengebackenen und ausgestossenen Kugeln eines Thieres sind in der That fünf an Zahl.

Nach einiger Zeit also lassen die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere in ihrem Innern nur noch den hellen, lichten Körper und die, diesem anliegenden beiden neugebildeten Nucleoli erkennen.

Am zweiten Tage nach der Lösung der Syzigie hat der lichte Körper sein Wachsthum vollendet, er ist jetzt schon etwas länglich oval und zeigt nach Einwirkung verdünnter Essigsäure oder noch besser nur von Wasser nicht mehr einen gleichmässig feingranulirten Bau, sondern einen verworren-faserigen (Taf. XI. Fig. 6); die einzelnen Fasern sind jedoch von mässig dunkeler, wenig verdichteter Beschaffenheit.

Im Laufe des folgenden Tages zeigte sich keine wesentliche Veränderung; am vierten Tage nach aufgehobener Conjugation jedoch hatte sich der lichte Körper bedeutend verdichtet und verschmälert, so dass er jetzt ein bandförmig langgestrecktes Aussehen zeigte und nach

Behandlung mit Essigsäure (1%) war die Beschaffenheit seiner Substanz gleichmässig grobkörnig wie die der wahren Nuclei der Stylonichien. An diesem Tage besassen auch die Thiere zuerst wieder einen neugebildeten Mund. Den fünften Tag hatte der neugebildete Kern (Fig. 18) noch die beschriebene Gestalt, jedoch hatte sich in einem Ende schon eine verdichtete Querscheibe gebildet, in welcher sich später die spaltförmige Höhle anlegt. Einer der Nucleoli zeigte sich mehrfach eigenthümlich vergrössert und nach Behandlung mit Essigsäure grobkörnig, ich vermuthe, dass er sich zur Theilung anschickte (Fig. 18).

Hier schlossen meine Untersuchungen an *St. Mytilus*, weil mein Material vollständig aufgebraucht war; nach den Untersuchungen an *St. pustulata* können wir jedoch das noch Fehlende mit Leichtigkeit ergänzen, es erfolgt nämlich nur noch eine Theilung des neugebildeten Kernes und dann sind wieder normale Thiere von *St. Mytilus* vorhanden. Auch Balbiani und Stein haben schon den Uebergang des grossen lichten Körpers in die beiden Nuclei der aus der Conjugation hervorgehenden Stylonichien verfolgt, so dass hierüber ein Zweifel nicht mehr möglich ist.

Nachdem ich im Vorstehenden meine Erfahrungen über die Umwandlungen der Nucleoli und Nuclei von *St. Mytilus* ausführlich dargelegt habe, will ich zu einer kurzen Betrachtung der von Balbiani (66) und Stein (68) an diesem Thier angestellten Untersuchungen, sowie der hieraus gezogenen Schlüsse übergehen.

Balbiani's Beobachtungen sind ganz correct, jedoch keineswegs vollständig, indem er nämlich (wie überhaupt mit einziger Ausnahme des *P. Bursaria*) den vollständigen Schwund der Nucleoluskapseln annehmen zu dürfen glaubt. Die Entstehung des neuen Nucleus aus einer dieser Kapseln blieb ihm daher natürlich verborgen, ebenso wie die wichtige Thatsache, dass die Nucleoli der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere gleichfalls directe Descendenten der früheren sind. Die verdichteten Nucleuskugeln hält er für Eier, jedoch ist es ihm nicht gelungen an ihnen eine Membran nachzuweisen und auch hinsichtlich der Hauptfrage, nach der Anwesenheit eines Kernes oder Keimbläschens, hat er keineswegs irgend welche Sicherheit erlangt. Er bemerkt hierüber (66; pag. 479): »La vésicule germinative est ordinairement complètement masquée par les granulations vitellines, et ne peut plus être réconnue«. Jedoch soll man zuweilen etwas von ihr bemerken, wenn man die Eier zuerst mit schwacher Kalilösung behandelt und hierauf mit Jod färbt. Wenn man Karminfärbung anwende, so soll das Keimbläschen in dem starkgefärbten Dotter als ein heller centraler Fleck erscheinen; hieraus geht doch mit Sicherheit hervor, dass es sich hier keineswegs um einen Kern gehandelt hat, sondern um eine Vacuole. Ich sah nie etwas von einem hellen Bläschen in den Nucleuskugeln.

Aber auch das schon oben hervorgehobene, häufige Zusammenbacken der Nucleuskugeln, ihr manchmal ganz corrodirtes Aussehen und schliesslich ihr völliges Zugrundegehen nach ihrer Ablage im umgebenden Wasser, ohne dass sich eine Brut entwickelte, lassen mit Sicherheit schliessen, dass es sich hier nicht um eine Ablage von Eiern, sondern um die Ausstossung überflüssiger und abgestorbener Theile handelt. Ich beobachtete einen Fall, wo ich drei der ausgestossenen Kugeln mit Sicherheit in dem umgebenden Wasser nachweisen konnte; nach zwei Tagen war schon jede Spur dieser Kugeln verschwunden. Bei keinem der von mir mit Sorgfalt gezüchteten Infusionsthiere fand ich in dem Wasser, in welches die vermeintlichen Eier doch in Menge abgelegt worden waren, auch nur einmal etwas, was sich als junge Brut hätte deuten lassen, so dass man mir zugeben wird, dass alles gegen und nichts für die Einatur der ausgestossenen Nucleuskugeln spricht.

Gänzlich verfehlt ist jedoch die von Stein gegebene Auffassung der Vorgänge bei *St. Mytilus.* Er glaubt die dunkelen Kugeln unmöglich aus den Nucleussegmenten herleiten zu dürfen und nimmt daher an, dass diese nach der Lösung der Syzigie zu dem lichten Körper, welchen er Placenta nennt, sich vereinigten. Dieser soll nun die dunkelen Kugeln in verschiedener Zahl ausscheiden. Diese letzteren, Stein's Keimkugeln, sollen sich bei *St. Mytilus* zu den Embryonalkugeln entwickeln, bei *St. Histrio* und *pustulata* hingegen wahrscheinlich abgelegt werden. Schliesslich soll die Placenta sich wieder zu den Nuclei umbilden. Ich muss gestehen, dass ich es für werthvoller gehalten hätte, die Unkenntniss der wirklichen Vorgänge offen einzugestehen, als eine derartige, völlig errathene Deutung eines, für die gesammte Auffassung der Infusorien so wichtigen Processes zu entwerfen — eine Deutung, welche, gestützt auf die Autorität eines Namens wie Stein, nur dazu dienen konnte, den Fortschritt in der Erkenntniss dieser Vorgänge hinzuhalten, indem sie an ein Verständniss derselben glauben machte, das in der That gar nicht vorhanden war.

In Betreff der vermeintlichen Embryonen von *St. Mytilus* verweise ich auf den späteren, dieser Frage speciell gewidmeten Abschnitt.

Meine Beobachtungen an *St. pustulata* habe ich vor denen an *St. Mytilus* angestellt. Als Untersuchungsobject ist diese Art wegen ihrer Kleinheit und dem Umstand, dass sich die Nucleoluskapseln nur sehr schwierig verfolgen lassen, viel ungünstiger. Da mir die genaue Verfolgung dieser Kapseln hier weder durch Zerquetschen des Thieres, noch auch durch Anwendung von Essigsäure gelang, so blieben meine Untersuchungen an dieser Art natürlich unvollständig. Alles Beobachtete bietet jedoch eine so völlige Analogie mit *St. Mytilus,* dass das dort Gefundene zur Erklärung sicherlich herangezogen werden darf.

Es war mir von Interesse, bei dieser Art eine Anzahl Conjugationszustände aufzufinden, bei welchen die beiden Nuclei jedes Thieres zu einem strangförmigen, gemeinsamen Körper verschmolzen waren, so dass ich die Vermuthung nicht ganz von der Hand weisen kann, dass diese Vereinigung der beiden Nuclei hier vielleicht regelmässig nach der Conjugation eintrete. Jedenfalls erfolgt jedoch sehr bald wieder ein Zerfall zu zweien, zwischen welchen ich zuweilen noch eine recht deutliche, fadenförmige Commissur fand. Auf der linken Seite dieser Nuclei trifft man nun gewöhnlich zwei helle, ovale, aus den Nucleoli, die ja bei dieser Art sich gewöhnlich nur in der Einzahl neben jedem Nucleus finden, hervorgegangene Kapseln, über deren feinere Bauverhältnisse nach Behandlung mit Essigsäure (1%) die Taf. X. Figg. 20—24 einigen Aufschluss gewährt.

Eine Theilung dieser Kapseln zu vieren liess sich nicht constatiren; ich beobachtete mehrfach lebende Thiere mit zwei solcher Kapseln fortdauernd und fand, dass dieselben sich nach Verlauf einer gewissen Zeit dem Auge völlig entziehen.

Eine weitere Theilung der Nuclei unterbleibt bei unserer Art; gegen Ende der Conjugation verdichten sich die beiden Nuclei auch hier zu dunkelen, glänzenden, runden Kugeln (Taf. XI. Fig. 4). Noch bevor jedoch diese Verdichtung sich geltend macht, erscheint auch hier auf der Seite, wo früher die Nucleoluskapseln sich fanden, ein zuerst ganz kleiner, lichter Körper mit feinkörnig-streifigem Inhalt (nach Behandlung mit Essigsäure. Taf. XI. Fig. 3). Schon bei der Untersuchung dieser Art trat der Gedanke an mich heran, dass dieser lichte Körper vielleicht von einer der Nucleoluskapseln abzuleiten sei, da diese früher ungefähr die Stelle des lichten Körpers einnahmen; ich gab diese Idee jedoch wieder auf, da sich ein sicherer Uebergang nicht constatiren liess. Jetzt hingegen bleibt es mir nicht mehr fraglich, dass ich wirklich richtig vermuthet hatte und dass eine erneute Untersuchung auch hier die sehr verkleinerte Kapsel, aus welcher der lichte Körper hervorwächst, wird finden lassen.

Nach der Lösung der Syzigie enthält also jedes der Thiere einen lichten Körper und nur zwei dunkele Kugeln, welche auch hier manchmal nach einiger Zeit zusammenbacken. Schliesslich werden sie auch hier entfernt, jedoch sind sie meist noch am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation vorhanden. Häufig sah ich sie dann allmälig wieder etwas lichter werden, ähnlich wie wir dies schon bei *Colpidium Colpoda* fanden und nach Behandlung mit Essigsäure traten dann einige dunkele Körnchen in ihnen auf (Taf. XI. Figg. 9 und 10). Schliesslich gehen sie jedoch auch hier gänzlich verloren, d. h. sie werden ausgestossen, woran nach den Beobachtungen an *Colpidium Colpoda* und *St. Mytilus* nicht mehr zu zweifeln ist.

Hat der lichte Körper seine bedeutendste Grösse erreicht, etwa zwei bis drei Tage nach

aufgehobener Conjugation, so besitzt derselbe auch hier die eigenthümliche, faserige Structur (Taf. XI. Fig. 6), welche sich schon am lebenden Thier deutlich beobachten lässt. Alsdann verkleinert und verdichtet er sich auch hier allmälig und nun sah ich zum ersten Mal zwei Nucleoli neben ihm (Taf. XI. Fig. 7), welche jedoch jedenfalls schon früher vorhanden waren und des gleichen Ursprunges sind wie bei *St. Mytilus.* Der etwas reducirte Körper (Fig. 7) wächst dann zu einem kurzen Strang aus und es treten die queren, verdichteten Stellen in seinen Enden auf (Taf. XI. Fig. 8), welche sich später zu den spaltförmigen Höhlen ausbilden. Nun theilt er sich, worauf die Thiere wieder ihre normale Beschaffenheit erhalten haben. Während diese Vorgänge sich abspielen, hat auch das Plasma der Thiere allmälig, durch Verschwinden der es früherhin verdunkelnden Körnchen, seine lichte Beschaffenheit wieder erlangt und die früher sehr breite und plumpe Gestalt der aus der Syzigie hervorgegangenen Thiere macht wieder einer langgestreckten, schlanken Platz. Bald nachdem die Thiere ihre normale Beschaffenheit wieder erlangt haben, beginnen sie sich durch Theilung rasch und anhaltend zu vermehren.

Balbiani gibt an, dass sich bei *St. pustulata* gleichfalls vier Eier entwickeln sollen; ich muss dies jedoch nach der obigen Schilderung verneinen. Uebrigens kann auch nur die directe Verfolgung der allmäligen Umbildung der ursprünglichen Nuclei, über die Zahl der dunkelen Kugeln sicheren Aufschluss geben, da sich bei den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren leicht grössere der im Plasma vorhandenen, dunkelen Körner mit solchen Kugeln verwechseln lassen.

Bei *St. pustulata* hat schon Engelmann (110) die Umbildung eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres zu einem normalen, sich bald durch Theilung vermehrenden, verfolgt.

K. Untersuchungen an *Euplotes Charon* Ehrbg.

Taf. X. Figg. 1—19.

An dieser häufig zu erhaltenden Art hat namentlich Engelmann (110) eine Reihe von Beobachtungen über die Conjugation angestellt, durch die schon einige wichtige Punkte ihre Aufklärung fanden.

Der Nucleus von *Euplotes Charon* bildet bekanntlich einen hufeisenförmig gekrümmten Strang, welcher meist in symmetrischer Lagerung die vordere Hälfte des Thieres durchzieht. Bei den conjugirten Thieren hingegen ist er immer mehr nach dem linken Seitenrand geschoben und längs dieses gelagert. Ein Nucleolus findet sich dem Kern an seiner, der linken Vorder-

ecke des Thieres zugewendeten Umbiegungsstelle dicht angelagert; er stellt ein kleines, dunkeles Körperchen dar, an welchem ich eine Hüllmembran nicht mehr deutlich unterscheiden konnte.

Die Conjugation der Euploten erfolgt, wie bekannt, immer in der Weise, dass sie sich mit den Bauchflächen ihrer linken Vorderecken auf eine kleine Strecke hin übereinander schieben und verschmelzen. In Bezug auf die so wichtigen Umbildungen der Nucleoli stösst man auch hier leider auf das Hinderniss, dass sich ein sicherer Anhaltspunkt für die zeitliche Aufeinanderfolge der mannigfachen, beobachteten Bilder kaum finden lässt. Ich bin daher in dieser Hinsicht auch hier nicht zu der so wünschenswerthen, völligen Klarheit durchgedrungen.

Zuvor will ich bemerken, dass der, nach Zusatz von Essigsäure (1 %) grobgranulirte und dunkelglänzend erscheinende Nucleus sich bis gegen das Ende der Conjugation unverändert erhält; dann beginnt er jedoch, wie dies schon Engelmann und Balbiani (für *Euplotes Patella*; 66) sehr richtig dargestellt haben, sich etwas hinter seiner Mitte zu verdünnen (Fig. 12), diese verdünnte Strecke zieht sich zwischen den beiden etwas ungleichen Theilen des so zerfallenden Nucleus immer mehr, endlich zu einem zarten Faden aus (Fig. 13), der schliesslich zerreisst, worauf die beiden Theilstücke des Nucleus sich mehr abrunden (Fig. 14). Kurz vor der Lösung der Syzigie enthält also jedes der Thiere ein vorderes, fast immer grösseres Nucleussegment und ein hinteres, kleineres.

Ich beginne die Schilderung der Umwandlungen des Nucleolus an einem Punkt, von welchem es nicht ganz sicher ist, ob er als ein ursprünglicher betrachtet werden darf. Man findet nämlich nicht selten Zustände, die meist auf der linken Seite des Nucleusbandes zwei nahezu unveränderte Nucleoli zeigen (Fig. 5). Man erkennt jedoch an denselben nach geeigneter Behandlung die Differenzirung einer deutlichen Hülle. Bald liegen diese Nucleoli weit von einander entfernt, bald dichter beisammen. Statt dieser findet man nun auch stärker angewachsene, im lebenden Zustand ganz helle Kapseln, die nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) einen granulirten, dunkelen Kern zeigen (Fig. 6). Fernere Stadien lassen diese Kapseln in noch mehr herangewachsenem Zustand und von ovaler Gestalt wiederfinden; von ihrem central gelegenen, körnigen Kern geht ein Bündel zarter Fasern nach dem einen Ende der Kapsel und heftet sich hier an die Hülle an (Figg. 7 und 8). Auch gewisse Variationen dieses Verhaltens zeigen sich, wie ein solches in der Fig. 9 wiedergegeben ist. Schliesslich reihen sich hieran auch die in Fig. 10 abgebildeten Zustände; die in ihrer Gestalt noch unveränderte Kapsel zeigt nach Behandlung mit Essigsäure eine Anzahl isolirter, dunkeler Körner. Das Ende dieser Formenreihe bilden dann die in Figg. 11 und 12 abgebildeten, lang spindelförmigen Kapseln, welche nach Balbiani und Stein die Bezeichnung reifer Samenkapseln verdienen

würden. Dieselben zeigen sich sehr deutlich längsfaserig, ohne dass sich jedoch besonders verdickte Faserstellen auffinden liessen. Die letzterwähnte Umbildung der Kapseln findet sich immer erst gegen Ende der Conjugation, wenn der Kern schon eine deutliche Einschnürung zeigt (Fig. 12). Ich glaube nun diese Formen mit Sicherheit als Theilungszustände auffassen zu dürfen, obgleich ich die ferneren Stadien des wahrscheinlich sehr rasch sich abspielenden Theilungsprocesses nicht auffand. Ist die Theilung des Nucleus noch weiter vorgeschritten, so trifft man links neben ihm an Stelle der Kapseln stets eine Anzahl kleiner, den früheren Nucleoli ähnlicher Körperchen, die von einem dunkelen, centralen, manchmal noch recht deutlich streifigen Kernchen und einer Hülle gebildet werden. Schwierigkeit macht die genaue Feststellung ihrer Zahl, jedoch zählte ich mehrfach mit Sicherheit vier in jedem Thier, manchmal jedoch auch in dem einen Thier vier, in dem anderen hingegen nur zwei. Diese Körperchen muss ich nun in derselben Weise wie bei *Stylonichia* für die durch Theilung vermehrten und hierauf sehr geschrumpften Nucleoluskapseln halten, deren weiteres Schicksal ich späterhin betrachten werde.

Nun trifft man aber auch auf Conjugationszustände, die nur einen in der Entwicklung begriffenen Nucleolus enthalten, von den Formen, die ich auf Figg. 1 und 2 abgebildet habe. Es fragt sich nun, gehen die Formen mit zwei in der Entwicklung begriffenen Nucleoluskapseln aus denen mit nur einer hervor, indem sich diese durch eine erstmalige Theilung vermehrt und die Kapseln hierauf wieder in den rudimentären Zustand der Fig. 5 zurücksinken? Vor dieser complicirten Betrachtungsweise, die uns ähnlich schon bei *St. Mytilus* begegnete, scheint mir jedoch eine andere den Vorzug zu verdienen. Ich habe zwar bei den einfachen Thieren von *Euplotes Charon* nur einen Nucleolus angetroffen, jedoch auch keine sehr ausgedehnten Untersuchungen hinsichtlich dieses Punktes angestellt, da mich die Uebereinstimmung mit den Befunden der früheren Beobachter beruhigte. Wir wissen jedoch, dass bei verwandten Infusionsthieren die Zahl der Nucleoli sehr schwankend ist, so dass ich die Wahrscheinlichkeit, dass sich zuweilen und namentlich bei den von mir conjugirt getroffenen Thieren zwei Nucleoli fanden, für recht gross erachte. Durch diese Annahme würde sich dann der Process der Nucleolusentwicklung sehr einfach erklären. Es würde dann das Stadium mit den zwei interessant gebauten Kapseln Fig. 3, welche ich ursprünglich als aus der Theilung des einfachen Nucleolus hervorgegangen aufzufassen müssen glaubte, seine ungezwungene Einreihung zwischen Figg. 10 und 11 finden, wohin es wegen der Analogie mit den Kapseln anderer Infusionsthiere auch viel besser passt. Einige besondere Zustände, welche ich sah, fänden dann auch eine befriedigende Erklärung; so traf ich einmal eine Syzigie, bei welcher das eine Thier zwei, das andere

hingegen nur eine in Theilung begriffene Kapsel der Form Fig. 11 enthielt, ferner sah ich, wie oben schon erwähnt, einige Male neben dem schon zerfallenen Nucleus in beiden Thieren einer Syzigie nur zwei kleine, längsstreifige Kapseln und ebendadurch würde auch der in Fig. 13 abgebildete Zustand sich erklären, wo das eine Thier vier, das andere nur zwei kleine, reducirte Kapseln enthält. Als Resultat dieser Erörterung würde sich demnach ergeben, dass bald Thiere mit nur einem Nucleolus, bald solche mit zweien sich conjugiren, dass sich die Nucleoli einmal durch Theilung vermehren und also die Thiere gegen Ende der Conjugation entweder zwei oder vier kleine, reducirte Nucleoluskapseln enthalten.

Kurz vor Lösung der Syzigie trifft man nun unter diesen reducirten Kapseln eine sehr lichte, sich durch ihre bedeutendere Grösse auszeichnende, die, wie die weitere Erfahrung lehrt, in energischem Wachsthum begriffen ist. Nach Essigsäurezusatz erkennt man an ihr eine deutliche Hülle und einen feingranulirten, noch etwas längsfaserigen Inhalt. Die Schwierigkeit, sich bei so kleinen Objecten eine genaue Rechenschaft ihrer Zahl zu geben und die kleinen Kapseln nicht mit anderen Inhaltskörpern des Plasma's zu verwechseln, liess mich hier nicht mit derselben Sicherheit wie bei *St. Mytilus* entscheiden, dass dieser hervorwachsende, lichte Körper ein directer Descendent einer der vier oder zwei reducirten Nucleoluskapseln sei, obgleich ich gerade bei der Untersuchung dieser Art zuerst zu dieser wichtigen Vermuthung kam, sie jedoch wieder fallen liess, da es nicht gelang sie mit völliger Sicherheit zu begründen. Jetzt scheint mir diese Frage durch die Beobachtungen an *St. Mytilus* auch für *Euplotes* entschieden zu sein. Einmal machte ich jedoch auch bei unserem Thier eine Beobachtung, welche mir in dieser Beziehung entscheidend zu sein scheint; ein erst vor kurzer Zeit aus der Conjugation hervorgegangenes Thier zeigte nämlich nicht einen derartigen lichten Körper, sondern vier dicht zusammenliegende; es hatten sich demnach hier in abnormer Weise sämmtliche vier Nucleoluskapseln weiter entwickelt (Fig. 16). Diese Beobachtung scheint mir auch die von Stein gemachte Angabe zu erklären, dass er zuweilen Thiere mit zwei kleineren, lichten Körpern beobachtet habe. Bei *St. pustulata* habe auch ich einmal die Entwicklung zweier lichter Körper statt des gewöhnlich nur vorhandenen einen beobachtet.

Die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere zeigten mit Ausnahme des einzigen erwähnten Falles nur einen, schon bedeutend vergrösserten, lichten Körper und diesem dicht anliegend, ein kleines, dunkeles Körperchen mit Hülle (zuweilen auch zwei Fig. 15), welches ich seiner Constanz wegen für eine noch mehr rückgebildete und wieder zu einem gewöhnlichen Nucleolus werdende Kapsel, ähnlich wie bei *St. Mytilus*, erklären muss. Enthielten die Thiere bei der Lösung der Syzigie nur zwei Nucleoluskapseln, so ist deren ferneres Schicksal hiermit

also völlig entschieden, waren deren jedoch vier vorhanden, so fragt sich, was aus den zwei anderen wird; eine davon wird wie bei *St. Mytilus* jedenfalls entfernt, vielleicht wird jedoch in diesem Falle die andere zu einem zweiten Nucleolus, wie es bei *St. Mytilus* die Regel ist.

Kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation bemerkt man, dass das vordere, grössere Nucleussegment einen nochmaligen Zerfall in zwei Bruchstücke erleidet (Figg. 16 und 17); gleichzeitig sieht man in seiner Masse verdichtete, dunkele Partien auftreten. Während nun der lichte Körper immer ansehnlicher heranwächst, so dass er bald die gesammte Mitte des Thieres ausfüllt, verdichten sich die beiden vorderen Nucleusbruchstücke zu zwei dunkelen, glänzenden Kugeln, die man ursprünglich noch an ihrem anfänglichen Platz, später gewöhnlich rechts von dem lichten Körper antrifft. Möglicherweise zerfällt das vordere Nucleussegment zuweilen auch in noch mehr Bruchstücke, da die Zahl der dunkelen Kugeln nicht ganz regelmässig ist, denn manchmal fanden sich noch ein bis zwei kleinere neben den beiden grösseren vor.

Die Bildung dieser Kugeln erfolgt etwa vier bis fünf Stunden nach aufgehobener Conjugation und meist schon am zweiten Tag nach der Lösung der Syzigie sind sie spurlos verschwunden. Dass sie auch hier ausgestossen werden, dürfte keinem Zweifel unterliegen. Am zweiten Tag hat der lichte Körper, der nach Behandlung mit Essigsäure (1 %) eine feingranulirte Beschaffenheit annimmt, sein Wachsthum vollendet; das hintere Nucleussegment, welches sich ganz unverändert erhält, ist ihm meist dicht angelagert (Fig. 18). Am vierten Tage jedoch findet sich an Stelle des lichten Körpers ein bandförmiges Nucleusstück, das dem früheren vorderen Nucleussegment sehr ähnlich sieht; der lichte Körper hat sich also ganz entsprechend den Vorgängen bei den Stylonichien zu einem echten Nucleus verdichtet. Diese Umwandlung scheint sehr rasch vor sich zu gehen; so zeigte ein isolirtes Thier z. B. noch um acht Uhr Abends den lichten Körper sehr deutlich und gross, um zwölf Uhr Nachts dagegen war derselbe schon zu einem echten Nucleus umgewandelt. Am fünften Tage fand ich wieder einen einfachen, zweifellos aus der Vereinigung der beiden Nucleusstücke hervorgegangenen Nucleus mit deutlichem Nucleolus. Nach Wiederherstellung des normalen Zustandes liess sich eine sehr lebhafte Vermehrung der Thiere durch Theilung constatiren.

Die früheren Beobachtungen über die Veränderungen des Nucleus und Nucleolus der Euploten während der Conjugation sind sehr lückenhaft. Balbiani lässt bei *Euplotes Patella* zwei Eier von dem Nucleus sich abschnüren und diesen letzteren wieder zu einem normalen Nucleus heranwachsen; dass jedoch bei dieser Art die Entwicklung ganz in gleicher Weise verläuft wie bei *Euplotes Charon* geht aus den Untersuchungen Stein's hervor, der die Thiere mit grossem, lichtem Körper bei *Euplotes Patella* sehr häufig gesehen hat. Engelmann,

der *Euplotes Charon* untersuchte, ist ganz zweifelhaft über die Abstammung des lichten Körpers, glaubt ihn jedoch in irgend einer Weise von dem Nucleus herleiten zu müssen; er kann ferner auch das Schicksal desselben nicht angeben, er soll nach ihm schliesslich in zwei bis drei kugliche Segmente zerfallen, wovon ich nie etwas beobachtet habe. Stein schliesslich (68) ist in gänzlicher Verwirrung hinsichtlich der Beziehungen der einzelnen Theile zu einander. Der lichte Körper soll sich aus dem ganzen Nucleus nach Einwirkung der Befruchtung entwickeln, dann sollen sich aus ihm als Placenta zwei bis vier kleine runde Körper hervorbilden, welchen er, wenigstens bei *Euplotes Patella*, die Bedeutung von Keimkugeln beilegt. Das hintere sich erhaltende Segment des Nucleus hält er für einen in der Neubildung begriffenen Kern und was schliesslich aus dem lichten Körper wird, findet sich bei ihm nicht angedeutet. Man erkennt hieraus nur das Bestreben, die höchst mangelhaften Beobachtungen an *Euplotes* in das für *Stylonichia* aufgestellte, ganz irrthümliche Schema einzuzwängen.

L. Untersuchungen an *Vorticella Campanula* Ehrbg.

Taf. XIV. Figg. 1—3.

Gerade die Ordnung der peritrichen Infusorien war es, welche Stein mit Vorliebe zu seinen Untersuchungen über die Fortpflanzungsverhältnisse sich auserlas; sie haben zuerst der, jetzt schon lange zur Ruhe gekommenen Acinetentheorie den Ursprung gegeben und wurden dann in zweiter Linie auch zu einer mächtigen Stütze für die Lehre von der Embryonenentwicklung, welche im Gefolge der Conjugation auftreten sollte. Ich habe absichtlich die Vorticellen vorerst nicht zu eingehenden Untersuchungen über die Conjugationserscheinungen gewählt, weil ich die Ueberzeugung hatte, dass sich diese Processe nur durch fortlaufende Untersuchungen an isolirten Syzigien mit einiger Sicherheit aufklären lassen würden und die grossen Widersprüche zwischen den Resultaten der seitherigen Forscher sich hauptsächlich dadurch erklärten, dass dieselben zum Theil diese Regel vernachlässigt und die verschiedensten Entwicklungsstadien, ja, auch solche, die gar nicht in den Entwicklungskreis gehörten, in ziemlich willkürlicher Weise untereinander verknüpft hatten. Zu solchen Isolations- und Züchtungsversuchen, wie sie diese Untersuchungen erforderten, hielt ich aber die festsitzenden Vorticellen sehr ungeeignet und suchte deshalb zuerst bei den leichter zu bearbeitenden und zum Theil auch zu beschaffenden, freischwimmenden Infusorien die Conjugationserscheinungen aufzuklären. Hatte man erst ein wirkliches Verständniss der bei diesen sich findenden Erscheinungen erreicht, so liess sich eine Aufklärung der bei den Vorticellen vorhandenen Verhältnisse wohl auch nach

Beobachtung vereinzelterer Stadien hoffen, da ja eine principielle Uebereinstimmung der hier in Frage stehenden Vorgänge sich mit Sicherheit voraussetzen lässt.

Da ich nun zu einer eingehenden Beobachtungsreihe bei den Vorticellen noch nicht gelangt bin, so bin ich recht erfreut, dass sich mir gerade Gelegenheit geboten hat, ein hierhergehöriges Thier, welches auch Stein zu einer Reihe von Untersuchungen, deren Ergebnisse er selbst als glänzende bezeichnet, gedient hatte, in gewisser Hinsicht zu erforschen.*)

Die Conjugationserscheinungen der Vorticellinen gehen bekanntlich in zweierlei Weise vor sich. Einmal indem sich Individuen von gleicher oder nahezu gleicher Grösse mit einander vereinigen und nach Lösung von ihren Stielen wahrscheinlich einen völligen Verschmelzungsprocess erfahren;**) diese Form der Conjugation wurde schon von Claparède und Lachmann entdeckt. Die zweite Art der Conjugation wurde zuerst von Stein sichergestellt; es ist dies die sogenannte knospenförmige Conjugation, bei welcher sich nämlich ein durch wiederholte Theilungen hervorgegangenes, viel kleineres, freischwimmendes Thier mit einem festsitzenden grossen vereinigt und schliesslich mit diesem völlig verschmilzt. Greeff (73) hat diese Form der Conjugation in neuerer Zeit bestätigt, ohne jedoch die Kenntniss der inneren Vorgänge, welche die Folge dieses Conjugationsactes sind, irgendwie gefördert zu haben.

Unsere *Vorticella Campanula* traf ich im October 1874 unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie Stein (68; pag. 112) in einer grösseren Wasserlache im Walde an; leider war der Fundort über eine Stunde von meiner Wohnung entfernt, so dass ich eine regelmässige Beschaffung von Material kaum bewerkstelligen konnte. Das Thier fand sich in diesem Wasser in ganz ungeheuerer Menge im freischwimmenden Zustande und zum Theil von sehr bedeutender Grösse. Bei der näheren Untersuchung stellte es sich nun heraus, dass sich darunter einzelne Individuen vorfanden, die sicherlich aus der Conjugation hervorgegangen waren. Bevor ich jedoch über die wenigen Beobachtungen berichte, welche ich an denselben anstellen konnte, muss ich einige Worte über die Conjugation dieser Vorticelle selbst hinzufügen. Stein schreibt (68; pag. 113): »Die auffallendste Erscheinung, welche mir an meinen Vorticellen entgegentrat, war, dass sie häufig in lateralen Syzigien vorkamen und diese sahen fast genau so aus wie die gewöhnlichen Längstheilungszustände der Vorticellen.« Nachdem er nun diese in lateraler Conjugation befindlichen Thiere näher geschildert hat, kommt er endlich zu dem

*) Eine kurze Schilderung meiner neuerdings bei den Vorticellinen erlangten Resultate habe ich in einem Anhang zu dieser Arbeit gegeben, welchen ich zu vergleichen bitte und wo sich auch die nähere Aufklärung über die einzelnen von mir bei *Vorticella Campanula* beobachteten Stadien findet.

**) Vergl. auch hierüber den Anhang zu dieser Abhandlung.

Schluss: »Die eben geschilderten Syzigien konnten offenbar eben so gut in der Reihenfolge, wie ich sie beschrieben habe, als Längstheilungsformen, wie in der umgekehrten Aufeinanderfolge als Conjugationszustände gedeutet werden.« Zur Entscheidung dieser Frage führt er nun auf, dass er nicht selten Syzigien von sehr ungleich grossen Individuen gesehen habe, welche sich absolut nicht durch Theilung erklären liessen. Ferner hat er auch häufig Syzigien beobachtet, wo die beiden ungleich grossen Thiere sich mit ihren Hinterrenden so vereinigt hatten, dass ihre Axen zusammenfielen.

Ich fand nun trotz grosser Aufmerksamkeit auch nicht einen einzigen Conjugationszustand, dagegen massenhaft Längstheilungszustände, die nun ihrerseits wieder auf das genaueste mit den von Stein geschilderten, lateralen Syzigien übereinstimmten. Die Theilung erfolgt genau so, wie dies von den Vorticellen längst bekannt ist und verläuft sehr rasch. Der Nucleus verhält sich dabei wie die strangförmigen Nuclei überhaupt, er contrahirt sich zuerst zu einem kurzen, senkrecht auf der Theilungsebene stehenden Strang, welcher sich in dem Maasse, wie die Theilung fortschreitet, wieder in die beiden Theilungssprösslinge durch Auswachsen verlängert.

Isolirte ich in der Theilung begriffene Thiere, so waren dieselben gewöhnlich schon 10 Minuten später in die beiden Theilungsprösslinge zerfallen. Diesen so einfachen Versuch hat nun Stein nie gemacht, er hat nur gesehen und gedeutet und meiner Meinung nach entschieden irrig, denn die vermeintlichen lateralen Syzigien waren sicher nur Längstheilungszustände. Was mich in dieser Hinsicht zu einem so bestimmten Ausspruch veranlasst, ist das Verhalten, welches Stein dem Nucleus in seinen vermeintlichen lateralen Syzigien zuschreibt. Dieselben besassen nämlich stets einen gemeinschaftlich durch beide Individuen hinziehenden Kern, daher schloss er, dass die Kerne der beiden Individuen mit einander verschmelzen. Ein derartiges Verschmelzen der Kerne ist jedoch mit Ausnahme der von Engelmann beschriebenen völligen Verschmelzung zweier conjugirter *Stylonichia pustulata*, wobei die Nuclei gleichfalls zu einem einzigen verschmelzen sollen, bis jetzt bei keinem andern Infusor bekannt.*) Bei der knospenförmigen Conjugation der Vorticellen zerfällt jeder der Nuclei für sich in eine grosse Anzahl von Bruchstücken und die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere der *Vort. Campanula* stimmen, hinsichtlich der aus dem Nucleus hervorgegangenen Producte, völlig überein mit solchen, welche die knospenförmige Conjugation vollzogen haben. Stein nimmt nun weiter an,

---

*) Späterer Zusatz: Dass solche Vereinigung der Nuclei zweier auf ihren Stielen conjugirten Exemplare von *Vorticella nebulifera* wirklich vorkommt, davon habe ich mich später überzeugt (vergl. den Anhang).

dass die beiden in der lateralen Syzigie vereinigten Individuen schliesslich völlig zu einem grossen, einfachen Thier verschmölzen, an dessen Nucleus sich dann erst die weiteren Wirkungen der Conjugation zeigen sollen.

Es ist sehr zu bedauern, dass Stein es nicht versucht hat, sich durch wirkliche Beobachtung von der Richtigkeit seiner Annahmen zu überzeugen. Nach dem oben bemerkten muss ich mich für berechtigt halten, die Stein'sche Deutung zurückzuweisen und seine vermeintlichen lateralen Syzigien für weiter nichts als Längstheilungsformen zu erklären. Auch die angeblichen Syzigien zwischen sehr ungleich grossen Individuen halte ich für Theilungszustände, da ich selbst einen solchen antraf, wo der eine Theilsprössling nur ein Viertel bis ein Drittel des Volum's des anderen besass.

Dagegen vermag ich mir natürlich die eigenthümlichen Vereinigungen zweier Individuen mit ihren Hinterenden vorerst auch nicht anders als durch Conjugation zu erklären; dies mögen die eigentlichen, der knospenförmigen Conjugation entsprechenden Zustände gewesen sein, welche ich leider bis jetzt noch nicht auffand.

Wie gesagt, fanden sich jedoch unter den vielen von mir untersuchten Thieren einige sicherlich aus der Conjugation hervorgegangene, welche das Verhalten zeigten, das auch schon Stein beschrieb. Ihr Nucleus war in eine sehr grosse Zahl kleiner Bruchstücke zerfallen, die nach Behandlung mit 1 % Essigsäure das Aussehen sehr kleiner, dunkeler, granulirter Körperchen zeigten, die sich in ihrer Hülle durch Gerinnung etwas zusammengezogen haben, so dass sie in einer von Flüssigkeit erfüllten Höhle liegen (Taf. XIV. Fig. 1). Unter diesen kleinen Körperchen fanden sich mehrfach drei kugelige und grössere, welche nach Behandlung mit Essigsäure eine stark glänzende, dunkele Hülle und einen sehr contrahirten Inhalt zeigten, der also von einem weiten, hellen Hof umgeben ist, da ihre Masse vor der Gerinnung viel lichter und weniger dicht war, als die der gewöhnlichen Nucleusbruchstücke. Stein hat diese grösseren Körper auch gesehen und gibt an, dass er zuweilen sogar fünf bis acht fand; dieselben sollen von einem schmalen, lichten Hof umgeben sein, der als erste Anlage der lichten Substanz der späteren Embryonalkugeln betrachtet wird, welche aus diesen Körpern hervorgehen sollen. Es wird nicht berichtet, wie Stein diese Beobachtung angestellt hat, höchst wahrscheinlich hat er sich jedoch dabei auch der Essigsäure bedient und war dies der Fall, so möchte die Bedeutung des lichten Hofes doch wohl nur die einer mit Flüssigkeit erfüllten Höhle gewesen sein, welche durch die Gerinnung zu Stande kam.

Ich setzte nun die Beobachtungen der Vorticellen mehrere Tage fort, indem ich täglich etwa 30—50 Thiere untersuchte. Die nächsten Tage fand ich noch einige Exemplare mit zerfallenem

Nucleus, jedoch waren die Bruchstücke meist weniger zahlreich und grösser; darunter fand sich auch das in Fig. 2 abgebildete Thier, welches neben einer grossen Zahl kleiner Bruchstücke ein grosses, kernartiges Gebilde enthielt. Letzteres hatte im lebenden Thier ganz das blasse Aussehen des Kernes, nach Behandlung mit 1 % Essigsäure erschien es dunkelkörnig und glänzend wie die kleinen Bruchstücke. Ich vermuthe in diesem letzten Körper einen in Neubildung begriffenenen Nucleus und nicht etwa umgekehrt einen Zustand des Zerfalls, da der Zerfall des Nucleus bei anderen Infusorien, z. B. *Paramaecium* und *Cyrtostomum*, wie wir sahen, nie so unregelmässig vor sich geht. Schon den dritten Tag nach dem, an welchem ich zuerst die Thiere mit zerfallenem Nucleus beobachtet hatte, fand ich kein einziges mehr in diesem Zustand, dagegen z. B. eines mit ganz kugelförmig abgerundetem Nucleus. Die Untersuchung wurde fortgesetzt bis zum sechsten Tag, ohne dass ich noch einen Zustand mit zerfallenem Nucleus traf; die einzige Form von Bedeutung habe ich in Fig. 3 abgebildet, sie enthält zwei abgerundete, nucleusartige, grosse Körper und drei kleine dunkele Kugeln, die sich mit einiger Wahrscheinlichkeit als Nucleusbruchstücke in Anspruch nehmen liessen.

Das einzige Resultat von Erheblichkeit, welches ich bei dieser Untersuchung erhielt, scheint mir jedoch zu sein, dass ich auf kein Thier stiess, welches die Andeutung einer Embryonalkugel, geschweige von Embryonen enthalten hätte. Dies Resultat ist um so wichtiger, als Stein aus den Thieren mit zerfallenem Nucleus direct solche herleitet, die Embryonalkugeln neben einem gewöhnlichen, strangförmigen Nucleus enthalten. Jedermann wird sich nun natürlich sogleich fragen, wie dieser strangförmige Nucleus wieder entsteht. Stein legt sich diese Frage auch vor und beantwortet sie folgendermaassen: »Offenbar war der Nucleus dieser zweiten Form aus jenen Theilstücken des Nucleus der ersten Form, welche nicht zu Keimkugeln verwendet wurden, durch Reconstitution entstanden« (68; pag. 114). Dieses »Offenbar« scheint mir jedoch nicht geeignet, den Mangel einer einzigen Beobachtung hinsichtlich dieses Reconstitutionsprocesses zu ersetzen. Dass dieser reconstituirte Nucleus kleine, scharfumschriebene Kerne enthält, beweist ganz und gar nicht, dass er aus den kleinen Bruchstücken hervorging, denn derartige Kernchen sind in den Nuclei der Vorticellen jederzeit häufige Erscheinungen und kommen auch in denen anderer Infusorien oft genug vor, wo sie mit einem derartigen Bildungsprocess des Nucleus gar nichts zu thun haben. Es ist also meiner Ansicht nach für die *Vorticella Campanula* nicht im geringsten bewiesen, dass die Formen mit Embryonalkugeln sich von den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren mit zerfallenem Nucleus herleiten, ja, es scheint mir dies nach meinen Untersuchungen sehr unwahrscheinlich.

Ich gehe hier nicht näher auf die Frage nach der Bedeutung der angeblichen Embryonen der Vorticellen ein, da ich in dem folgenden Abschnitt die sogenannte Embryonenbildung bei den Infusorien überhaupt im Zusammenhang betrachten werde.

6. Abschnitt. Ueber die Bedeutung der sogenannten Infusorienembryonen.

Für die eigenthümliche Gruppe der Acineten, deren nähere Verbindung mit den ciliaten Infusorien ich anerkennen muss, obgleich sie eine in sich ganz abgeschlossene und in gewisser Hinsicht mit den Rhizopoden vermittelnde Abtheilung bilden — bei diesen Acineten steht es durch die schönen und zum Theil sehr eingehenden Untersuchungen von Stein, Claparède und Lachmann, Engelmann und neuerdings auch R. Hertwig völlig fest, dass sie sich durch an der Oberfläche oder innerhalb des mütterlichen Plasma's erzeugte Sprösslinge fortpflanzen. Man kann diese Schwärmsprösslinge der Acineten immerhin mit dem Namen Embryonen belegen, da ihre Organisation von der ihrer Eltern bedeutsam abweicht. Stets sind sie in gewissem Grade bewimpert; bald ist ihre Oberfläche völlig gleichmässig von zarten Wimpern bedeckt (*Acineta linguifera**) Cl. u. Lachm. vergl. Stein 60; Taf. II. Fig. 13; *Podophrya Steinii***) Cl. u. Lachm. vergl. Stein 60; Taf. II. Fig. Fig. 9; *Acineta solaris* Stein 67; p. 105; *Podophrya cothurnata* Cl. u. Lachm. 62; Taf. IV. Fig. 3) oder sie sind nur auf einem Theil ihrer Oberfläche bewimpert (*Podophrya Astaci* Cl. u. Lachm. vergl. Stein 60; Taf. VI. Figg. 36—39 und *Podophrya gemmipara* R. Hertwig 75). Sehr häufig ist diese theilweise Bewimperung in der Weise ausgebildet, dass sie einen oder mehrere aequatoriale Wimperreifen besitzen (*Podophrya Cyclopum* Cl. u. Lachm. siehe bei Stein 60; Taf. III. Figg. 33 u. 40; *Podophrya infusionum* Stein 60; Taf. IV. Figg. 33 u. 34; *Podophrya Pyrum* Cl. u. Lachm. 62; Taf. II. Fig. 1; *Podophrya quadripartita* Cl. u. Lachm. 62; Taf. III. Figg. 3 und 4; *Podophrya Carchesii* Cl. u. Lachm. Taf. IV. Figg. 9 u. 10; *Acineta tuberosa* Ehrbg. Stein 67; p. 105; *Acineta digitata* Stein 67; p. 105; *Acineta Cucullus* Cl. u. Lachm. Taf. II. Fig. 13; *Dendrosoma Astaci* Stein 67; p. 105; auch die Embryonen von *Dendrocometes paradoxus* Stein gehören wahrscheinlich zu diesem sehr verbreiteten Typus).

Die Entstehung dieser Embryonen ist noch nicht in allen Fällen aufgeklärt. Stein bemerkt hierüber in seiner letzten Publikation, dass dieselben »entschieden auf ungeschlechtlichem Weg entweder aus einer sich um einen zapfenförmigen Fortsatz des Nucleus entwickelnden Knospe (innere!) oder aus einer sich vergrössernden und nach und nach abschnürenden Portion

*) = *ligulata* Stein (67).

**) = *Acineta opercularіae* Stein (67; p. 105).

des Nucleus« entstünden (68; p. 139). Was die mehr äusserlichen Verhältnisse der Formation dieser Schwärmsprösslinge anlangt, so haben wir einmal ächte Theilung, wobei einer der Theilsprösslinge als Schwärmer forteilt (*Acineta mystacina* nach Claparède und Lachmann [62] und *Podophrya fixa* nach Cienkowski, auch die später zu besprechende parasitische Gattung *Sphaerophrya* nach Stein) — ferner Knospenbildung mit gleichzeitiger Erzeugung einer grösseren Zahl von Schwärmsprösslingen (nach R. Hertwig bei *Podophrya gemmipara*, vielleicht auch unter Umständen bei *Acineta mystacina*, vergl. Stein 60; Taf. 1. Figg. 17—22) — schliesslich Bildung der Schwärmsprösslinge innerhalb des mütterlichen Körpers. Dieser letzterwähnte Vorgang scheint sehr sonderbar und unvermittelt dazustehen, in der That ist dies jedoch nach den Untersuchungen, welche ich an *Podophrya quadripartita* anstellte, nicht der Fall. Indem ich die genauere Mittheilung dieser Untersuchungen dieser Abhandlung nicht mehr anfügen kann, beschränke ich mich darauf zu constatiren, dass die Anlage des einzigen, grossen Schwärmsprösslings bei dieser Acinete mit der Bildung der Geburtsöffnung beginnt. Die Folge dieses Vorgangs ist, dass der werdende Embryo durch diese Geburtsöffnung seit seines ersten Entstehens mit der Aussenwelt in Verbindung steht und dass daher der ganze Vorgang bei *Podophrya quadripartita* wenigstens nur scheinbar eine innere, in der That aber nur eine sehr modificirte, äussere Knospung darstellt. Aehnlich bilden sich ohne Zweifel noch eine grosse Zahl der vermeintlich endogenen Schwärmsprösslinge anderer Acineten, jedoch könnten sich immerhin auch noch ganz innerlich entstehende bei gewissen Arten vorfinden. Was nun aber die Ansicht anlangt, dass in einer grossen Zahl von Fällen diese Schwärmsprösslinge sich durch Umwandlung eines Theiles des Nucleus ihres Mutterthieres hervorbildeten, so muss ich diese mit R. Hertwig (75) für ganz gewiss unrichtig erachten. Ich bin hierzu um so mehr veranlasst, als ich bei der *Podophrya quadripartita*, von welcher Acinete gerade Claparède und Lachmann die Embryonenbildung aus dem Nucleus mit Bestimmtheit behaupteten, mich völlig sicher am lebenden Thier über den gesammten Verlauf der Embryobildung instruirt habe. Der Schwärmsprössling entsteht auch hier aus dem mütterlichen Plasma und erhält nur einen Theil des Nucleus seiner Mutter mit; die eigenthümliche Ansicht aber, dass derselbe direct aus dem Nucleus hervorgehe, hatte ihren Grund in ganz besonderen Gestalts- und Lageverhältnissen des Nucleus der Mutter und ihres Schwärmsprösslings, wie ich an einem anderen Orte ausführlich zeigen werde.*)

So sicher nun auch diese Fortpflanzungsweise durch Schwärmsprösslinge, welche sich, wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, ganz direct aus einfacher Theilung ableiten lässt, bei den

*) Vergl. Jen. Zeitschr. f. M. u. Naturwissensch. Bd. X.

Acineten nachgewiesen ist, so unsicher ist hingegen das, was man bei den ciliaten Infusorien als Embryonenbildung in Anspruch genommen hat. Diese vermeintliche Embryonenbildung wurde bei einer grossen Reihe von Infusorien nachgewiesen und von Focke, Cohn, Stein, Engelmann und Anderen zum Theil sehr genau geschildert.*) Am besten bekannt ist sie von *Paramaecium Aurelia* und *Bursaria*, *Stylonichia Mytilus*, *Urostyla grandis*, *Stentor Roeselii* und einer bedeutenden Zahl von Vorticellinen. Nach Stein soll diese Fortpflanzungsweise überall das Resultat der durch die Conjugation vermittelten, geschlechtlichen Vermischung sein. Unter den oben genannten Infusorien befinden sich nun drei — und sie gehören in dieser Hinsicht zu den am genauesten studirten — bei welchen ich den Conjugationsprocess von Anfang bis Ende verfolgt habe; bei keinem derselben zeigte sich aber Embryonenbildung. Hieraus kann denn schon mit völliger Sicherheit der Schluss gezogen werden, dass, wenn wirklich eine solche Art der Fortpflanzung bei den ciliaten Infusorien existirt, dieselbe doch nicht im Gefolge der Conjugation eintritt.

Gegen die Ansicht Stein's hat sich aber schon früher Balbiani (65; 66)**) erhoben und die Meinung ausgesprochen, dass diese vermeintlichen Embryonen nichts weiter als parasitische Geschöpfe und zwar kleine Acinetinen der Gattung *Sphaerophrya* Cl. u. Lachm. seien, welche sich speciell den Paramaecien, Stylonichien und Urostylen anhefteten, sich schliesslich in deren Leibesmasse einsenkten, vermehrten und wieder ausschwärmten. Die Embryonen der Vorticellen, welche sich von denen der übrigen Infusorien wesentlich dadurch unterscheiden, dass sie keine acinetenartigen Tentakel besitzen, hat er nicht besonders berücksichtigt. Diese Balbiani'sche Anschauung bekämpften sowohl Engelmann (110) wie Stein (68) hartnäckig, ohne jedoch dabei hinreichend zu berücksichtigen, dass Balbiani schon 1860 (65)

*) Die erste Beobachtung solcher vermeintlicher Embryonen eines Infusionsthieres ist vielleicht, worauf zuerst wieder R. Leuckart aufmerksam machte (vergl. Berichte über d. Leistungen in der Naturgesch. d. niederen Thiere w. d. J. 1854—55, p. 433), schon vor sehr langer Zeit von dem Pastor Göze gemacht worden. Derselbe beschreibt sogen. Infusionsthiermütter, welche eins bis acht und zwölf bewegliche Junge in sich beherbergten, deren Geburt er auch beobachtete; sie traten nämlich an den Seiten der Mutterthiere heraus. Ferner glaubt er auch diese Jungen, welche bald die Mütter in der Infusion ganz verdrängt hatten, in der Fortpflanzung durch Theilung beobachtet zu haben. Leider lässt sich nicht feststellen, welches Infusionsthier Göze zu seinen Beobachtungen gedient hat und so bleibt für uns nur die Wahrscheinlichkeit, dass die vermeintliche Embryonenbildung der ciliaten Infusorien, welche so viele Jahre später erst eingehender erkannt wurde, von einem so talentvollen und gewissenhaften Beobachter wie Göze schon im J. 1773 beobachtet worden war.

(Vergl. Herrn Carl Bonnet's wie auch einiger anderen berühmten Naturforscher auserlesene Abhandlungen aus d. Insectologie; aus d. franz. übersetzt und mit einigen Zusätzen herausgegeben v. J. A. Ephr. Göze. Halle 1774. p. 417—452).

**) Auch Carter sprach sich in ähnlichem Sinne aus, ohne jedoch Beweise beizubringen. Vergl. Notes and corrections on the Org. of Infusoria. Ann. a. mag. of nat. hist. III. ser. Bd. VIII. p. 288. 1861.

einen, wiewohl nicht ganz vorwurfsfreien Versuch gemacht hatte, der diese Frage ihrer Entscheidung sehr nahe rückte. Er brachte nämlich zu einer Anzahl embryonenfreier Thiere von *P. Aurelia* einige andere, die solche in sich trugen und fand schon nach vier Tagen fast sämmtliche Paramaecien mit den vermeintlichen Embryonen behaftet.

1864 theilte auch Meznikoff (70) einige Beobachtungen über die vermeintlichen Embryonen mit, welche Stein nicht anführt; Meznikoff sah einen Embryo von *P. Aurelia* ausschwärmen, sich an ein anderes *Paramaecium* anheften, seine Tentakel verlieren und schliesslich sich in dasselbe einsenken. Seine Beobachtungen sind jedoch nicht eingehend genug, um überzeugend zu wirken; man hätte nach ihnen immerhin noch an ein blos äusserliches Anheften denken können, um so mehr als ja auch Stein schon angibt, dass er gesehen habe, wie die Embryonen der Paramaecien sich an vorüberschwimmende Infusorien festsaugten und eine Zeit lang von diesen herumgeschleppt wurden.

Ich suchte daher unter allen Umständen über die vermeintlichen Embryonen ins Klare zu kommen und es ist mir denn auch geglückt, die parasitische Natur derselben bei *P. Bursaria* und *Aurelia*, sowie bei *St. Mytilus* mit aller wünschenswerthen Sicherheit festzustellen.

Schon die erste Bekanntschaft, welche ich mit diesen Embryonen bei *St. Mytilus* machte, lieferte mir den überzeugenden Beweis ihrer parasitischen Natur. Den 29. April 1875, 4 Uhr Nachmittags, traf ich ein conjugirtes Paar von *St. Mytilus*, dessen eines Thier auf seinem vorderen, linken Peristomrand einen hellen, ansehnlichen, runden Körper mit dunkelem Kern aufsitzen hatte; sein helles Protoplasma enthielt nur einige zerstreute, dunkele Körnchen und eine lebhaft pulsirende Vacuole. Das sorgfältig unter dem Deckgläschen isolirte Paar wurde nun weiter untersucht; um 8 Uhr Abends war der beschriebene Körper schon fast völlig in das Thier (das Paar hatte sich mittlerweile getrennt) eingesenkt; er ragte nur noch am linken Seitenrand, etwas hinter der Stelle, wo die adorale Wimperzone diesen trifft, aus dem Leibe des Thieres hervor. Den nächsten Morgen um 8 Uhr fanden sich an Stelle dieser grossen Embryonalkugel vier Embryonen im Innern des Thieres vor, von welchen soeben einer durch die Geburtsöffnung austrat. An das zweite aus der Conjugation hervorgegangene Thier hatten sich jedoch an seinem vorderen Rand, dicht nebeneinander zwei Embryonen, die ohne Zweifel in der Nacht von dem ersten Thier geboren worden waren, festgeheftet und sowohl Wimpern wie Tentakel verloren. Um 11 Uhr fanden sich nur noch zwei Embryonen in dem ersteren Thiere vor, die während der Beobachtung hervorbrachen, so dass nun dieses Thier wieder parasitenfrei geworden war.

So überzeugend nun auch diese Beobachtungsreihe schon ist, so will ich doch der Wichtigkeit der Sache wegen noch eine zweite mittheilen, deren Resultate in gleicher Weise überzeugend wirken. Am 2. Mai, Morgens 10 Uhr, sperrte ich unter dem Deckgläschen eine kleine, vollkommen embryonenfreie *Stylonichia* und ein grosses, viele kleine Embryonen enthaltendes Thier zusammen. Schon um 1 Uhr Mittags hatte sich eine *Sphaerophrya* auf dem Peristomfeld der kleinen *Stylonichia* festgeheftet und wurde durch die adoralen Wimpern beständig hin und her geschleudert. Um 5 Uhr Nachmittags hatte sich noch eine zweite eingestellt, welche sich die Bauchfläche dicht neben der Mitte des linken Seitenrandes zum Angriffspunkt auserwählt hatte. Wimpern und Tentakel hatten sie schon beide verloren. Um 9½ Uhr Abends ist die *Sphaerophrya* der Mitte schon fast völlig eingesenkt; den nächsten Morgen um 10 Uhr besitzt das Thier eine sehr deutliche, dicht am linken Seitenrand gelegene Geburtsöffnung, genau an der Stelle, wo die *Sphaerophrya* eindrang und dicht bei dieser liegen innerhalb des Thieres eine grosse und zwei kleine Embryonalkugeln. Wahrscheinlich war nur die *Sphaerophrya* des linken Seitenrandes eingedrungen und hatte sich in dieser Weise vermehrt. Um 1 Uhr Mittags ist auch eine zweite Kugel sehr herangewachsen, so dass sich nun zwei grosse und eine kleine finden; um 7 Uhr Abends hat sich eine der grossen Kugeln getheilt; um 11 Uhr Nachts auch die zweite, so dass nun fünf Embryonalkugeln, resp. Embryonen, dicht bei einander innerhalb des Thieres liegen. Hiermit wurde die Beobachtung abgeschlossen.

Bei *Paramaecium Bursaria* begnügte ich mich mit der Anstellung folgenden Versuchs. Ein mit Embryonen reichlich versehenes Thier wurde mit einem conjugirten Paar, das genau auf die Abwesenheit jeder Spur einer Embryonalkugel untersucht worden war, unter dem Deckgläschen zusammengesperrt. Dies geschah im Laufe des Morgens am 24. Mai 1875. Schon um 5 Uhr Nachmittags ist das eine der conjugirten Thiere von zwei kleinen Embryonen attakirt, dieselben haben schon Wimpern und Tentakel verloren und sitzen, etwas in die Oberfläche eingedrückt, der eine dicht vor dem Hinterrand etwas auf der Rückenseite, der andere etwas vor dem Mund am Aussenrand des conjugirten Thieres. Um 9¾ Uhr Abends sind die beiden Eindringlinge tief in das Thier eingesenkt und zu sehr ansehnlichen, dicht nebeneinder liegenden Embryonalkugeln herangewachsen; da, wo das hintere Thier sich eingesenkt hatte, fand sich eine Geburtsöffnung, ob sich, wie zu vermuthen, eine besondere für das vorn eingedrungene Thier fand, liess sich nicht genau entscheiden. Am folgenden Tag, 25. Mai, Morgens 8—9 Uhr, waren die beiden Embryonalkugeln noch bedeutend mehr herangewachsen, so dass sie die ganze Mitte des Thieres ausfüllten. Abends 6½ Uhr fand sich nur noch eine Embryonalkugel vor, die andere war jedenfalls durch Theilung zerfallen und die Embryonen waren ausgeschwärmt;

dagegen hatte sich nun in dem zweiten der conjugirten Thiere eine ansehnliche Embryonalkugel eingestellt. Hier fand die Beobachtung ihren Abschluss.*)

An *Paramaecium Aurelia* gelang mir folgende Beobachtungsreihe. Am Morgen des 20. Juni 1875 wurde um 10 Uhr ein kleines, ganz parasitenfreies Thier mit einem von Parasiten inficirten unter dem Deckglas zusammengesperrt. Schon um 3 Uhr Nachmittags hatte sich ein Parasit eine kleine Strecke hinter dem Vorderende auf der Bauchseite des kleinen Thieres festgeheftet. Abends um 8 Uhr war derselbe schon so tief eingesenkt, dass er nur mit einem kleinen Theil aus der Einsenkungsstelle hervorragte, dazu hatte sich noch eine zweite, schon sehr ansehnliche Embryonalkugel gesellt, welche sich dicht vor der Mundöffnung auf der Bauchseite eingesenkt hatte. Schon den nächsten Morgen waren die Parasiten aus dem Thier völlig verschwunden, dagegen hing an dessen Hinterende jederseits eine Tentakel tragende, kleine *Sphaerophye* ohne Wimpern.

Durch die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen dürfte es wohl über allen Zweifel feststehen, dass Balbiani mit dem grössten Recht die vermeintlichen Embryonen dieser drei Arten für Parasiten in Anspruch nahm. Es unterliegt daher auch keiner Frage, dass die bei nahe verwandten Thieren gefundenen Embryonen sich in gleicher Weise durch Parasitismus erklären. Hierher gehören die Embryonalkugeln bei *Euplotes Patella*, *Pleurotricha lanceolata* und namentlich die durch Bau und Beschaffenheit sich völlig an die der *Stylonichia* anschliessenden Embryonalkugeln und Embryonen von *Urostyla grandis* (vergl. Stein 67; Taf. XIV). Auch die Embryonen, welche Cohn**) bei *Nassula elegans* fand, gehören sicherlich hierher.

Etwas zweifelhafter könnte möglicher Weise die parasitische Natur der acinetenartigen Embryonen der Stentoren erscheinen, da diese sich durch Bau und Entwicklung etwas von den Embryonen der früher genannten Infusorien unterscheiden. Am genauesten hat Stein dieselben bei *Stentor Röselii* verfolgt, sie finden sich jedoch nach ihm auch bei *St. polymorphus* und *coeruleus*; von dem nahe verwandten *Climacostomum virens* Stein fand ich ein Thier mit zahlreichen Embryonalkugeln neben dem völlig intacten Nucleus, die Embryonen schienen ähnlich gebaut zu sein wie die der Stentoren.

In ihrer Bauweise stimmen die Embryonalkugeln der Stentoren völlig mit denen der Paramaecien und Stylonichien überein, dagegen entwickelt sich der Embryo aus ihnen nach Stein durch eine

*) Auch mir passirte es bei einer Untersuchungsreihe, dass die aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere von *P. Bursaria* fast sämmtlich von Parasiten inficirt waren; man erhält dann täuschende Bilder, wo neben den Producten des Nucleolus sich Embryonalkugeln finden, wie sie Balbiani (63) in Taf. IV. Fig. 16 abbildete, und die ihn auch ursprünglich veranlasst hatten, sich der Stein'schen Embryonenlehre anzuschliessen.

**) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX. p. 143. Taf. VIII. B.

Combination von Knospung und Theilung, d. h. ähnlich wie die durch innere Knospung entstehenden Schwärmsprösslinge der Acineten; gerade letzterer Umstand, der sich ähnlich auch bei den Vorticellinen findet, ist für mich ein Beweis, dass wir es hier sicherlich mit parasitischen Acineten zu thun haben. Die etwas abweichende Bauweise der Embryonen der Stentoren, die nur mit einem mittleren Wimperreif versehen sind, kann gleichfalls nicht von Bedeutung erscheinen, da wir ja zahlreiche Acinetenschwärmsprösslinge von ähnlicher Bildung kennen.

Bei Beurtheilung dieser Frage scheint es mir von Interesse, dass ich im October vergangenen Jahres, beim Durchsuchen einer grossen Menge von *Stentor coeruleus*, auf zwei Thiere stiess, von welchen jedes in seinem Innern sehr eigenthümliche, in voller Lebensthätigkeit befindliche Infusorien einschloss. Ihrer Bauweise nach konnten diese viel eher als Embryonen des *Stentor* in Anspruch genommen werden, als die sogenannten acinetenförmigen Embryonen. Der grosse *Stentor*, an welchem ich zuerst diese Beobachtung machte, zeigte ein etwas eigenthümliches Verhalten; er liess nämlich nichts von einem Mund erkennen. Der nach diesem hinleitende Theil der adoralen Wimperspirale schien völlig unterdrückt zu sein und an der Stelle, wo die Wimperspirale den linken Seitenrand erreicht, sass ein kleines knospenartiges, mit Wimpern bedecktes Zäpfchen dem Thiere auf. Die Nucleuskette schien, nach der Betrachtung im lebenden Thier zu urtheilen, in ihre einzelnen Glieder zerfallen zu sein. Im Innern des Thieres fanden sich nun zwei sehr ansehnliche, starkkörnige Kugeln, von welchen jede in einer sie dicht umschliessenden, mit Flüssigkeit gefüllten Höhle des Endoplasma's sich befand. Die Oberfläche dieser Kugeln zeigte eine sehr deutliche, in zwei Polen zusammenlaufende Körperstreifung, ähnlich der manches holotrichen Infusors und ferner ein zartes, in beständiger Bewegung befindliches Wimperkleid. In ihrem Centrum schimmerte der Kern als ein heller Fleck durch, nahe ihrer Oberfläche fand sich eine contractile Vacuole. Das Plasma der Kugeln war, wie gesagt, von zahlreichen Körnern ganz erfüllt und daher sehr dunkel; durch die beständige Thätigkeit der Wimpern wurden die Kugeln in Rotation erhalten. Der so beschaffene *Stentor* wurde um 4½ Uhr Nachmittags in einem Uhrschälchen isolirt; schon um 5 Uhr hatte sich ein deutlicher Mund neugebildet und der zapfenförmige Fortsatz war völlig verschwunden. Die grössere der dunkelen Kugeln aber wurde in Theilung angetroffen (Taf. XIV. Fig. 5); ihr Kern liess sich noch durch beide Theilhälften verfolgen. Um 7 Uhr Abends war jeder der Theilsprösslinge nochmals zerfallen, so dass sich jetzt vier fanden (Fig. 6), deren Plasma sich sehr aufgehellt hatte und nur noch wenige zerstreute Körnchen einschloss. Der Kern dieser Sprösslinge war gleichfalls sehr hell und durchsichtig, so dass er sich nun nicht mehr deutlich

unterscheiden liess; dagegen war die contractile Vacuole eines jeden sehr gut sichtbar. Um 8½ Uhr Abends war die Theilung bis zu acht weitergeschritten, zwei fanden sich in dem stielförmig ausgezogenen Hinterende des *Stentor*, die sechs anderen hingegen ganz vorn, dicht am Peristom, woraus hervorgeht, dass sie ihren Ort innerhalb des *Stentor* änderten, d. h. durch die Plasmaströmung in demselben verschoben wurden. Um 10 Uhr Nachts zählte ich zehn Sprösslinge, die Theilung war demnach nicht mehr gleichmässig weitergeschritten, sondern es hatten sich nur zwei Sprösslinge getheilt. Bis 11½ Uhr Nachts waren keine weiteren Veränderungen eingetreten und den folgenden Morgen das Thier leider abgestorben. Die zweite und kleinere, körnige Kugel hatte während der gesammten Beobachtungszeit nicht die geringste Veränderung gezeigt.

In den nächsten Tagen fand ich noch einen *Stentor coeruleus*, der eine grosse derartige Kugel einschloss; derselbe war völlig normal gebaut, nur der Nucleus schien in zwei Hälften zerfallen, von welchen die vordere aus drei, die hintere hingegen aus vier Gliedern bestand. Dies Thier wurde 10 Uhr Morgens isolirt; um 6 Uhr Abends war die körnige Kugel in vier Sprösslinge zerfallen, um 9½ Uhr die Zahl derselben schon so gross, dass ich, da das Thier eine sehr ungünstige Lage hatte, eine genaue Zählung nicht bewerkstelligen konnte, jedoch habe ich zwölf mit Sicherheit gezählt. Den nächsten Morgen war leider auch dieses Thier abgestorben und die Sprösslinge fanden sich in seiner Umgebung zerstreut und todt vor; die Kerne derselben waren nun sehr deutlich und durch die Einwirkung des Wassers dunkel und körnig geworden. Ich erwähne noch, dass die Sprösslinge der ursprünglichen, körnigen Kugel stets sehr deutlich ein allseitiges Wimperkleid zeigten, daher nichts mit den acinetenartigen Embryonen und Embryonalkugeln zu thun haben.

In Anbetracht dieses zweimal so gleichmässig beobachteten Entwicklungsganges der ursprünglichen grossen, körnigen, bewimperten Kugeln von *Stentor coeruleus* kann es keiner Frage mehr unterliegen, dass hier nicht etwa ein von *Stentor* gefressenes Infusor vorlag, sondern ein für die Vermehrung der eingeschlossenen, infusorienartigen Kugel sehr günstiger, normaler Vorgang. Leider liess sich das schliessliche Schicksal der Sprösslinge nicht ermitteln, jedoch kann es gewiss nicht zweifelhaft sein, dass dieselben in irgend einer Weise einmal wieder aus dem *Stentor* hinausgelangen.

Hält man aber an der Erzeugung von Embryonen bei den Stentoren fest, so lässt sich nun gewiss mit Recht die Frage aufwerfen, welches denn eigentlich diese Embryonen sind, jene mit völligem Flimmerkleid und Körperstreifung versehenen kleinen Sprösslinge oder die acinetenartigen Schwärmer? Andererseits jedoch fragt es sich, ob nicht beiderlei Gebilde

parasitischer Natur sind? Ich muss sagen, dass mir diese letztere Ansicht weitaus die grösste Wahrscheinlichkeit zu haben scheint. Hinsichtlich der acinetenartigen Embryonen habe ich meine Gründe schon oben ausgesprochen; was die bewimperten Kugeln und ihre Sprösslinge betrifft, so scheint mir, dass der geschilderte Vermehrungsprocess derselben innerhalb des Stentors bei Annahme ihrer parasitischen Natur sehr verständlich ist, nicht hingegen, wenn man in ihnen Sprösslinge des Stentors selbst sehen will; denn, um mich einer etwas trivialen Ausdrucksweise zu bedienen, ich möchte nicht glauben (in Anbetracht unserer jetzigen Kenntnisse von der Fortpflanzung verwandter Organismen), dass die Natur sich solcher Umwege bediente, um die Fortpflanzung eines Infusors zu bewerkstelligen. Ganz derselbe Vorwurf trifft jedoch die vermeintliche Fortpflanzung der ciliaten Infusorien durch Embryonen im Allgemeinen. Der nächste Forscher, welcher sich mit der Untersuchung der Stentoren genauer beschäftigt, wird die parasitische Natur ihrer acinetenartigen Embryonen sicherlich nachweisen.

Claparède und Lachmann haben schon Embryonen der Stentoren beschrieben und abgebildet (62; pag. 186. Taf. IX, Figg. 2 und 5); dieselben stimmten nach ihrer Beschreibung darin mit den von mir gesehenen Gebilden überein, dass sie ein allseitiges Wimpernkleid besitzen sollen; ich glaube jedoch, dass Stein Recht hat, wenn er die von den genannten Forschern beschriebenen Embryonen für identisch mit seinen Embryonalkugeln und den acinetenartigen Abkömmlingen derselben hält. Welcher Natur die von Ekhard 1846 (71) beschriebenen Embryonen des *Stentor coeruleus* waren, kann ich aus der Beschreibung und Abbildung nicht erkennen; Stein hält auch sie für identisch mit den Embryonalkugeln und ihren Sprösslingen.

Ich wende mich nun zu einer Betrachtung der sogenannten Embryonen der Vorticellinen, welche Stein ja hauptsächlich als Stütze seiner Lehre von der Fortpflanzung der ciliaten Infusorien durch Embryonen anführt. Da mir hinsichtlich dieser keine eigenen Untersuchungen zu Gebote stehen, so werde ich mich genau an die uns von Stein gegebene Schilderung der Vorgänge bei diesen Thieren halten und mich womöglich auf seine eigenen Worte stützen.

Die Embryonen der Vorticellinen entwickeln sich wie die vermeintlichen der Paramaecien und Oxytrichinen aus Embryonalkugeln. Hinsichtlich dieses Vorganges bemerkt Stein (68; pag. 137): »Nun sind bei verschiedenen *Oxytrichinen*, *Euplotes*, *Stentor* und *Paramaecium* genau ebensolche Embryonalkugeln wie bei den Vorticellinen beobachtet, dieselben bringen auch auf ganz ähnliche Weise lebendige Junge hervor.« Es existirt also nach seinen eigenen Worten kein Unterschied zwischen den Embryonalkugeln der Paramaecien und Stylonichien einerseits und den gleichen Gebilden der Vorticellinen auf der anderen Seite. Auch die Art und Weise wie diese Embryonalkugeln die Embryonen entweder durch äussere oder

innere Knospung und Theilung erzeugen, ist in beiden Fällen nahezu identisch und stimmt bemerkenswerther Weise auch völlig mit der Entwicklung der Schwärmsprösslinge der Acineten überein, wie sie Stein schon 1854 von *Acineta (Podophrya) infusionum* Stein (vgl. 60; Taf. IV. Figg. 47 und 48) und *Acineta tuberosa* Ehrbg*) geschildert hatte. Er hob diese Uebereinstimmung in der Entwicklung des Embryos aus der Embryonalkugel von *Vorticella Campanula* mit der Entwicklung der Schwärmsprösslinge der genannten Acineten auch ganz besonders hervor, indem er sagt (68; pag. 115): »Die Entwicklung des Embryo im Innern der Embryonalkugel und vom Kern« — der Embryonalkugel — »aus erfolgt ganz auf dieselbe Weise, wie die Entwicklung der Schwärmsprösslinge im Innern des Acinetenkörpers von dessen Nucleus aus.«

In Beziehung auf ihre Fortpflanzung ist demnach eine Embryonalkugel der Vorticellinen einer ächten Acinete völlig gleich zu setzen.

Man könnte nun vielleicht behaupten wollen und Stein thut dies auch an der Stelle, wo er die Balbiani'sche Ansicht der parasitischen Natur der Embryonen zu widerlegen sucht, dass die Embryonen der Vorticellen ganz anderer Natur seien, wie die sogenannten acinetenartigen der Stylonichien, Paramaecien etc., dass daher, wenn auch letztere Parasiten wären, doch die Embryonen der Vorticellinen nicht auch solche zu sein brauchten. Aber dieser Einwand ist ohne jegliche Bedeutung, denn die Embryonen der Vorticellinen zeigen völlig den Bau vieler Schwärmsprösslinge echter Acineten. Stein spricht sich in dieser Hinsicht folgendermassen aus: »Die Embryonen der Vorticellinen zeigen die frappanteste Aehnlichkeit mit den Schwärmsprösslingen verschiedener Acinetinen, namentlich der *Acineta quadripartita, lemnarum, infusonium* und *cyclopum.*«

Aus dem bis jetzt Gesagten geht also mit absoluter Sicherheit hervor, dass der Auffassung der Embryonalkugeln der Vorticellinen als parasitischer Acinetinen hinsichtlich ihrer Beschaffenheit und Fortpflanzung nicht das Geringste im Wege steht, ja dass die Uebereinstimmung derselben mit echten Acineten so gross ist, dass sich eine solche Auffassung jedem unbefangenen Beurtheiler geradezu aufdrängt.

Suchen wir nun aber auch nur nach einer sicheren Beobachtung über die Entstehung dieser vermeintlichen Embryonalkugeln innerhalb der Vorticellinen im Gefolge der Conjugation, so werden wir unter den zahlreichen Mittheilungen Stein's nichts finden, sondern nur auf

*) Hertwig (75) bemerkt, dass Stein diese Acinete fälschlich *tuberosa* Ehrbg. bezeichne; dies ist unrichtig, dieselbe ist gewiss die ächte *A. tuberosa* Ehrbg., wie auch Cl. und Lachm. anerkannten.

Annahmen und durch eine vorgefasste Meinung beeinflusste Zusammenstellungen verschiedener Zustände stossen. Bei den eigentlichen Vorticellen sollen sich einzelne der Bruchstücke, in welche der Nucleus während der Conjugation zerfällt, direct zu Embryonalkugeln entwickeln, was hauptsächlich aus den Beobachtungen an *Vorticella Campanula* geschlossen wird. Glücklicher Weise haben wir diese Art zu beobachten Gelegenheit gehabt und uns wenigstens überzeugt, dass sich unter den Thieren, von welchen eine ziemliche Menge aus der Conjugation hervorgegangen waren, auch nicht ein einziges mit einer Embryonalkugel auffinden liess.

Der zweite Entwicklungsmodus der Embryonalkugeln, der sich bei den stockbildenden Vorticellinen und den Trichodinen finden soll, ist jedoch viel merkwürdiger. Hier sollen sich alle Nucleussegmente erst wieder zu einem einzigen scheibenförmigen Körper vereinigen, der sogenannten Placenta, die dann die Keimkugeln ausscheidet und sich zu einem gewöhnlichen Nucleus zurückbildet.

In dieser Darstellung des Entwicklungsganges bei den stockbildenden Vorticellinen sind jedoch zwei sehr bedenkliche Lücken. Einmal liegt hinsichtlich der Annahme, dass die Nucleusbruchstücke sich wieder zu einer Placenta vereinigen, nicht eine einzige Beobachtung vor, sondern dieselbe gründet sich nur auf den Bau der Placenta, welche gewöhnlich aus einer lichten Substanz mit vielen kleinen, dunkelen Kernchen besteht, wodurch eben das Hervorgehen aus den Bruchstücken des Nucleus bewiesen sein soll. Zweitens fehlt jegliche Beobachtung hinsichtlich des Entstehens der sogenannten Keimkugeln aus dieser Placenta, ja, es sind nicht einmal derartige Keimkugeln (die dunkelen Kernchen der Placenta) neben derselben aufgefunden worden, sondern nur einmal bei *Zoothamnium arbuscula* Embryonalkugeln neben der Placenta. Wir können hieraus ersehen, dass die Abstammung der Embryonalkugeln vom Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Vorticellinen auch nicht in einem einzigen Fall mit einem Anschein von Sicherheit beobachtet wurde.

Fragt man nun aber andererseits nach dem Schicksal der von diesen Embryonalkugeln erzeugten Embryonen, ihrer etwaigen Umbildung zu Vorticellinen, so liegt hierüber natürlich gar keine Beobachtung vor, ihr Schicksal ist völlig unbekannt.

Fassen wir das oben Gesagte noch einmal zusammen, so finden wir also: dass sowohl die Abstammung der Embryonalkugeln der Vorticellinen, als auch das Schicksal der aus ihnen hervorgehenden Embryonen gänzlich in Dunkel gehüllt ist, dass sie hingegen eine frappante Aehnlichkeit mit den parasitischen Embryonalkugeln der Stylonichien und Paramaecien, sowie in der Art ihrer Fortpflanzung und der Beschaffenheit ihrer Sprösslinge mit den Acineten haben

und dies ist der thatsächliche Boden, auf welchem die Lehre von der Fortpflanzung der Vorticellinen mit so grosser Beredsamkeit entwickelt wurde.

Ich brauche also kaum noch besonders hervorzuheben, dass ich die feste Ueberzeugung habe, dass die Embryonalkugeln der Vorticellinen in gleicher Weise wie die der Stylonichien und Paramaecien nichts weiter als parasitische Acinetinen sind und ich hoffe auch, dass es mir gelungen ist, diese Ueberzeugung bei jedem unbefangenen Leser dieser Zeilen in gleicher Weise hervorgerufen zu haben. Die directe Beobachtung muss später entscheiden, ob sich diese Auffassung, wie so sehr wahrscheinlich, vollkommen den thatsächlichen Verhältnissen anschliesst. Auf alle Fälle jedoch geht aus den dieser Frage gewidmeten Betrachtungen mit unabweisbarer Sicherheit hervor, dass nichts mit weniger Zuverlässigkeit constatirt ist, als eine vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung der ciliaten Infusorien durch Embryonen, sondern dass die seither hierfür angesprochenen Erscheinungen sich viel leichter, sicherer und überzeugender durch den für eine Anzahl Fälle mit Gewissheit constatirten Parasitismus kleiner Acineten erklären lassen.

Es würde mich hier viel zu weit führen, wenn ich alle die Einwände, welche Stein (68; p. 50—55) gegen die zuerst von Balbiani ausgesprochene Ansicht von der parasitischen Natur der vermeintlichen Embryonen erhob, zu widerlegen versuchte. Angesichts des thatsächlichen Nachweises der Richtigkeit dieser Auffassung für *Paramaecium* und *Stylonichia* hätte eine solche Besprechung auch gar keine Bedeutung mehr; ich begnüge mich daher mit dem Hinweis auf einige Punkte. Balbiani (66) lässt die parasitischen Acineten nicht in das Innere des inficirten Thieres selbst eindringen, sondern dieselben werden nach ihm nur in einen sich handschuhfingerartig einstülpenden Schlauch der Hautschicht des Infusors eingeschlossen, welcher Schlauch durch die Geburtsöffnung nach aussen mündet. Für die Paramaecien vermag ich diese Auffassung völlig zu bestätigen, weniger sicher bin ich in dieser Hinsicht bei den Stylonichien, da ich auf diesen Punkt nicht viel achtete. Dagegen dringen dieselben, wie aus meinen Beobachtungen hervorgeht, keineswegs durch die Mundöffnung ein, eine Möglichkeit die Stein plausibler scheint als die von Balbiani ausgesprochene Ansicht.

Dass die verschiedenen Arten und wohl auch Gattungen parasitischer Acineten, die wir als die Erzeuger der Embryonalkugeln betrachten müssen, sich nur bestimmte Infusorien als Wohnthiere aussuchen, ist eine Erscheinung, über deren Erklärung man verschiedener Meinung sein kann, jedoch keineswegs irgend welcher Beweis gegen ihre parasitische Natur, wie Stein anzunehmen geneigt ist. Ebensowenig ist jedoch darin, dass wir eine ganze Anzahl verschiedener parasitischer Acinetinen constatiren müssen, ein Grund gegen meine Auslegung dieser Erscheinungen zu suchen. Stein hebt auch hervor, dass sich ein Einbohren der

tentakellosen Vorticellenembryonen durch die Cuticula ihrer Wohnthiere gar nicht denken lasse; dieser Einwand ist jedoch aus verschiedenen Gründen ohne Bedeutung. Einmal habe ich oben gezeigt, dass die Sphaerophryen der Stylonichien und Paramaecien sich gar nicht mittelst ihrer Tentakel einbohren, sondern dieselben völlig verlieren, sobald sie sich dem Wohnthier angeheftet haben. Zweitens ist es jedoch auch gar nicht ausgemacht, ob die Embryonen der Vorticellen gleich selbst wieder zum parasitischen Leben zurückkehren, sie können ebenso gut, wie dies die Schwärmsprösslinge der Acineten thun, erst nach einiger Zeit ihre Tentakel ausbilden und dann vielleicht einige Zeit als Acineten leben, bis es ihnen oder ihren Nachkommen gelingt, wieder in eine Vorticelle einzudringen.

Ich halte daher die Annahme, dass die Embryonalkugeln und Embryonen der Vorticellinen Parasiten seien, nicht für »geradezu lächerlich«, wie Stein behauptet und bin bereit den Fluch der Lächerlichkeit, welcher demnach die Folge einer derartigen Annahme sein soll, auf mich zu nehmen.

Bekanntlich findet sich bei den Acineten nach den Untersuchungen Claparède's (62; p. 120—121. Taf. III. Figg. 10, 11 u. 12), die hauptsächlich an *Podophrya quadripartita* angestellt worden sind, eine besondere Art von kleineren Embryonen, die sich durch ihre ganz eigenthümliche Entwicklung auszeichnen, indem sie nämlich im Innern von Kugeln ihren Ursprung nehmen, welche sich ihrer Bauweise nach völlig an die sogenannten Embryonalkugeln der Vorticellinen etc. anschliessen. Diese Embryonalkugeln der *Podophrya quadripartita* sollen nun aus dem Nucleus hervorgehen, was jedoch keineswegs erwiesen ist. So hätten wir denn bei den Acineten noch eine zweite Fortpflanzungsweise, die sich sehr innig an die vermeintliche Fortpflanzung der Vorticellen durch Embryonenbildung anschlösse und die Stein (68; p. 140) daher auch als eine geschlechtliche mit vorausgehender Conjugation auffasst, ohne dass jedoch bewiesen wäre, dass die Conjugation diesen Fortpflanzungsprocess überhaupt einleite. Es ist aber bis jetzt noch nicht einmal gezeigt worden, dass diese Bildung kleiner Embryonen bei *Podophrya quadripartita* wirklich eine Fortpflanzungserscheinung dieser Acinete ist, da weder das Schicksal der kleinen Embryonen, noch die Herkunft ihres Mutterkörpers (Embryonalkugel) ermittelt ist. Ich kann die Vermuthung nicht unterdrücken, dass es sich hier um einen Fall von Parasitismus einer Acinetine in einer anderen handle wie bei den Ciliaten, denn es ist kein ausreichender Grund vorhanden, welcher gegen die Möglichkeit, dass die Acineten zuweilen selbst die Opfer ihrer parasitirenden Verwandten würden, angeführt werden könnte.

7. Abschnitt. Ueber die Bedeutung der sogen. Nucleoli und Widerlegung der Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien.

Schon der Name, mit welchem v. Siebold 1848 das zuerst bei *P. Bursaria* von ihm entdeckte, dunkele Körperchen, welches der Oberfläche des Nucleus dicht angedrückt oder sogar etwas in dieselbe eingesenkt war, bezeichnete, gibt uns Aufschluss über die Vorstellung, welche der Hauptverfechter der Einzelligkeitslehre sich von der Wesenheit des von ihm gefundenen Körperchens machte. Er verglich dasselbe mit dem in ächten Zellkernen sich findenden Binnenkörperchen, dem sogenannten Nucleolus der Kerne. Es war dies natürlich ein sehr gewagter Vergleich, den zu unternehmen nur zu einer Zeit erlaubt war, wo die Zellentheorie sich noch in ihren Jugendtagen befand.

Nachdem dieser Name den fraglichen Körperchen nun einmal gegeben war, blieb die Auffassung derselben wohl auch für einige Zeit durch ihn bezeichnet. So bemerkt Stein (67; p. 95), nachdem er das bei *Chilodon* etc. innerhalb des hellen Bläschens des Nucleus sich findende, dunkele, scharf begränzte Körperchen als einen Nucleolus beschrieben hat, weiter: »Ein besonderer Nucleolus kommt noch bei einer mässigen Anzahl anderer Infusorien vor; bei diesen liegt er jedoch nicht im Nucleus eingeschlossen, sondern entweder an der äusseren Oberfläche desselben in einer seichten Vertiefung oder ganz frei dicht neben dem Nucleus.« Hieraus geht doch wohl hervor, dass er den innerhalb des Nucleus liegenden Nucleolus von *Chilodon* und die ausserhalb desselben im Parenchym anderer Infusorien gelegenen sogenannten Nucleoli als gleichwerthige Gebilde auffasste.

Claparède und Lachmann haben sich meines Wissens an keiner Stelle ihres so umfangreichen Werkes über die Bedeutung der Nucleoli ausgesprochen; aus ihrer bekannten Auffassung der Infusorienorganisation überhaupt, geht jedoch mit Sicherheit hervor, dass sie an einen Vergleich dieser Gebilde mit den sogenannten Nucleoli ächter Zellkerne nicht im entferntesten denken konnten.

Zu einer ungeahnten Bedeutung gelangten jedoch diese Nucleoli durch die denkwürdigen Untersuchungen Balbiani's, aus welchen sich ergab, dass dieselben in Folge der Conjugation zweier Infusorien so merkwürdige Umbildungen erfuhren, dass er sich für berechtigt hielt, den überraschenden Schluss zu ziehen: diese Entwicklung der Nucleoli führe zu der Ausbildung einer oder zahlreicher, mit vielen reifen Samenfäden gefüllter Kapseln und der sogenannte Nucleolus sei daher in seinem gewöhnlichen, einfachen und rudimentären Zustand, als das männliche

Ei, die Entwicklungszelle der Spermatozoën zu betrachten. Diese Auffassung des Nucleolus wurde von Stein völlig adoptirt, denn, da er die Entwicklungsproducte der Nucleoli mit Balbiani als mit reifen Samenfäden erfüllte Kapseln in Anspruch nimmt, hätte er sich auch nicht der einfachen Consequenz dieser Anschauung entziehen und die Nucleoli als die Entwicklungszelle dieser Samenfäden betrachten müssen; er spricht sich jedoch nie entschieden in diesem Sinne aus. Nach diesen, ohne Zweifel höchst bedeutenden Fortschritten in der Erforschung der Infusorien, hatten sich also die Nucleoli, in gleicher Weise wie die Nuclei, als echte, wiewohl in einem rudimentären Zustand befindliche Zellen ergeben, um so mehr als das Vorhandensein eines Zellkernes in dieser Hinsicht nicht absolut erforderlich erscheint.

Es fragt sich daher nur, ob die von Balbiani und Stein beliebte Auffassung der, während der Conjugation an den Nucleoli sich abspielenden Vorgänge auch eine richtige ist und dies ist nun keineswegs der Fall. Schon im Jahre 1873 (78) habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass sich ja ganz ähnliche Umwandlungen der Nucleoli, wie sie im Gefolge der Conjugation eintreten, auch bei der gewöhnlichen Theilung derselben verfolgen lassen und zog hieraus, sowie daraus, dass der Nachweis der Entwicklung der vermeintlichen Spermatozoën aus echten Zellen keineswegs geführt sei und Niemand mit Sicherheit gesehen habe, dass die Spermatozoën der Samenkapseln entweder den Nucleus selbst, wie Stein will, oder die Eier nach Balbiani befruchteten, den Schluss: dass die Balbiani-Stein'sche Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien auf sehr schwachen Füssen stehe. Ungefähr um dieselbe Zeit hat auch Häckel sich in manchen Beziehungen in ähnlichem Sinne ausgesprochen. Er sagt (81; p. 552): »Jedenfalls hat noch Niemand bisher den Nachweis führen können, dass diese angeblichen Zoospermien wirkliche Zellen sind oder sich aus Zellen entwickeln.« Dass die Zoospermien der höheren Thiere jedoch wirklich Zellen seien, ist ein von verschiedenen Forschern, wie Schweigger-Seidel, la Valette, Meznikoff und mir, für die verschiedensten Abtheilungen überzeugend nachgewiesen worden; bei den Spongien hat Häckel dasselbe zu zeigen vermocht. Der Umstand, welchen Häckel gleichfalls anführt, dass nämlich die geschlechtliche Fortpflanzung erst bei einer kleinen Zahl von Ciliaten nachgewiesen sei, ist einmal desshalb ohne Bedeutung, weil eben überhaupt seither nur eine kleine Anzahl von Ciliaten hinsichtlich ihres Conjugationsprocesses untersucht worden ist und ferner ein derartiges Verhalten, selbst wenn es wirklich existirte, doch keine Bedeutung beanspruchte, wenn auch nur in einem Fall die geschlechtliche Fortpflanzung sicher nachgewiesen wäre.

Es scheint mir jedoch, dass Häckel sich der grossen Bedeutung, welche die von Balbiani und Stein geschilderten und auf geschlechtliche Fortpflanzung bezogenen

Vorgänge haben, nicht hinreichend bewusst war. Wie wäre sonst der folgende Satz erklärlich: »haben doch sogar Balbiani und Andere die angeblichen Zoospermien für eingedrungene parasitische Vibrioniden erklärt.« Dieser Satz bezieht sich nämlich auf die in den Nucleoli während der Conjugation sich bildenden, haarförmigen Fädchen oder Stäbchen und Balbiani's ganze Arbeit sucht den Nachweis zu führen, dass gerade diese, bei jeder Conjugation ganz regelmässig durch Umwandlung des Nucleolus sich erzeugenden Gebilde, die ächten Zoospermien seien.

Im Jahre 1874 hat Claus (82) sich gleichfalls gegen die Bedeutung des Nucleolus als Samendrüse ausgesprochen, ohne jedoch meiner 1873 erschienenen Arbeit zu gedenken. Ich kann mir daher auch nicht erklären, welche Untersuchungen oder Arbeiten es sind, die ihn zu dem folgenden Ausspruch veranlassen: »Leider sind freilich die über alle Zweifel festgestellten Thatsachen, welche die Keimbildung aus dem Nucleus betreffen, auf eine relativ spärliche Zahl beschränkt, seitdem nicht nur die von Forschern wie Lieberkühn stets bezweifelte Bedeutung des Nucleolus als Samendrüse so gut als zurückgewiesen und daher die geschlechtliche Fortpflanzung überhaupt in Frage gestellt, sondern auch die Beziehung der acinetenartigen Sprösslinge auf parasitische Acineten sehr wahrscheinlich geworden ist.« Ich muss mir nur die Anfrage erlauben, von wem ist die Bedeutung des Nucleolus als Samendrüse so gut als zurückgewiesen worden, indem die einzige auf Selbstbeobachtung gestützte Arbeit, die nach Stein's 1866 erschienenen II. Band über diesen Gegenstand publicirt wurde, meine 1873 erschienene kleine Abhandlung ist, welche Claus doch unbekannt blieb?

So haben denn sowohl Häckel wie Claus, da sie natürlich über die Bedeutung der so höchst merkwürdigen Entwicklung und Umbildungen der Nucleoli ganz im Unklaren waren, sich mit keinem Wort über deren morphologische Bedeutung geäussert, sondern sie bei den Schlüssen, welche sie hinsichtlich der morphologischen Bedeutung der Infusorien zogen, vollständig ignorirt.

Ein Verständniss der Bedeutung der Nucleoli der Infusorien konnte aber auch erst angebahnt werden, als man auf die merkwürdigen Umbildungen aufmerksam wurde, welche die echten Kerne vieler Zellen während der Theilung erleiden. Ich brauche hier nicht nochmals auf eine Schilderung dieser Vorgänge einzugehen, welche ich im speciellen Theil schon näher beschrieben habe; ein Blick auf die verschiedenen Tafeln wird lehren, dass die Uebereinstimmung zwischen den in Theilung befindlichen Kernspindeln und den aus den Nucleoli hervorgehenden, vermeintlichen Samenkapseln der Infusorien in manchen Fällen eine völlige ist (vergl. namentl. Taf. XII. Figg. 7 u. 8 etc.), dass jedoch in allen Fällen die Bauweise dieser Gebilde nach einem und demselben Princip mit verschiedenen quantitativen Variationen durchgeführt ist. Vergleichen wir

ferner die Art und Weise des eigentlichen Theilungsvorganges der Kernspindel und der Samenkapsel, so finden wir völlige Uebereinstimmung mit dem einzigen Unterschied, dass die aus der Theilung hervorgehende Samenkapsel der Infusorien den Bau der mütterlichen Kapsel beibehält, während bei der Theilung der Kernspindel die Tochterkerne sich sogleich wieder in die, dem Mutterkern vor seiner Umwandlung eigenthümliche Form rückbilden oder umwandeln, wie man will. Da ich späterhin auf eine Besprechung der Theilungsvorgänge der Kerne im Allgemeinen zurückkommen werde, so führe ich den Vergleich hier nicht näher aus, da ich auch die Versicherung habe, dass sich dem Leser die Ueberzeugung von der Identität der Nucleoli der Infusorien mit ächten Zellkernen schon bei der Durchsicht der Ergebnisse der Beobachtungen eingeprägt hat.

Eine nothwendige Folge dieser Erkenntniss ist nun einmal, dass die sinnlos gewordene Bezeichnung der kleinen Kerne der Infusorien als Nucleoli nicht beibehalten werden kann; ich schlage daher vor, die ehemaligen Nucleoli künftighin als primäre, die seitherigen Nuclei hingegen als secundäre Kerne zu bezeichnen. Es liesse sich auch die einfachere Bezeichnung Neben- und Hauptkerne anwenden, doch scheint mir diese mehr wie die zuerst vorgeschlagene eine Meinung hinsichtlich der Bedeutung beider Kernformen auszusprechen, was ich vorerst vermeiden möchte.

Mit dieser Erkenntniss des Wesens der sogenannten Nucleoli ist jedoch auch die, von Balbiani und Stein mit so vieler Beredsamkeit entwickelte Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung definitiv zu Grabe getragen worden. Dass der faserig differenzirte Inhalt der sogenannten Samenkapseln nicht zur Befruchtung von irgend etwas verwandt wird, folgt aus der bei einigen Infusorien mit Sicherheit ermittelten ferneren Um- resp. Rückbildung derselben.

Ich brauche daher auch nicht auf eine nähere Erörterung der von Balbiani und Stein entwickelten Anschauungen über dasjenige, was durch die vermeintlichen Spermatozoën befruchtet wird und wann diese Befruchtung stattfindet, einzugehen. Ich habe bei den zahlreichen Infusorien, welche ich während und nach der Conjugation untersuchte, nie weder im secundärem Nucleus, noch im Plasma des Thieres selbst, etwas gesehen, was sich von den Faserbildungen der sogenannten Samenkapseln hätte herleiten lassen. Auch habe ich in den conjugirten Thieren bis jetzt zu keiner Zeit etwas von den Fädchen und Stäbchen wahrgenommen, die zuerst 1856 bei Joh. Müller den Gedanken an eine geschlechtliche Fortpflanzung unserer Thiere erweckten.

Diese mit Stäbchen erfüllten Nuclei habe ich aber bei *P. Aurelia* dennoch angetroffen und mich mit Balbiani (66; pag. 509) von ihrer parasitischen, pflanzlichen Natur überzeugt.

Ich fand solche Thiere mit einem von Stäbchen dicht erfüllten Nucleus in einem stark riechenden, sehr verdorbenen Wasser. Auch die Thiere selbst hatten ein krankhaftes Aussehen, da sich in ihrem Endoplasma grosse, schon mit der Loupe sichtbare Vacuolen gebildet hatten, die den Kern selbst häufig ganz zur Seite drängten. Der isolirte, voll feiner dunkeler Stäbchen steckende Kern, platzte schon durch sehr leichten Druck und ergoss seinen zum grössten Theil flüssigen Inhalt in das umgebende Wasser. Die Grösse der Stäbchen ist sehr verschieden, es finden sich sehr kurze bis sechsmal längere (Taf. XIV. Fig. 9). Die kleineren erscheinen homogen, blass und matt, an den grösseren hingegen ist häufig das eine Ende ganz dunkel und glänzend. Diese Umwandlung scheint allmälig fortzuschreiten, bis schliesslich das ganze Stäbchen dunkel und glänzend geworden ist. Ich muss Balbiani darin beistimmen, dass die Stäbchen sich durch Theilung vermehren, indem ich eine ganze Anzahl Bilder sah, die unzweifelhaft auf einen solchen Vermehrungsprocess hindeuteten und zwar sowohl an blassen, als auch an gänzlich dunkelglänzenden Stäbchen. Unter diesen zerstreut fanden sich auch zahlreiche sehr feine, geschlängelte Fäden, von deren etwaigem Zusammenhang mit den Stäbchen ich nichts finden konnte. Letztere zeigten eine schwache, wackelnde Bewegung, über deren Natur ich nicht zu einem sicheren Schluss gelangte.

Als eine Erläuterung zu diesen parasitischen Bildungen im Nucleus von *P. Aurelia*, will ich noch ähnliche Gebilde, welche sich massenhaft in einer Anzahl Exemplare eines grossen freilebenden Nematoden, des *Tylenchus pellucidus* Bast., fanden, kurz beschreiben. Diese parasitischen Organismen füllten die Leibeshöhle unserer Thiere in dichten Massen an; der eigentliche Sitz ihrer Entwicklung schien jedoch die sogenannte Markschicht der Muskelzellen zu sein, in welcher sie sich gleichfalls in grossen Mengen vorfanden. Die Formen dieser Körperchen sind etwas verschieden (Taf. XIV. Fig. 8). Einmal finden sich sehr kleine, gewöhnlich längliche bis spindelförmige, selten rundliche, von blassem, homogenem Aussehen, innerhalb welcher gewöhnlich einige dunkelglänzende Körner neben oder hintereinander liegen. Die grösseren dieser Körperchen sah ich häufig in Vermehrung durch Theilung oder vielmehr eine Art Sprossung, ähnlich der der Hefezellen begriffen, indem sich gleichzeitig zwei Sprösslinge von einem Körperchen entwickelten. Diese kleinen Körperchen gehen allmälig in grössere über, welche sich durch eine langgestreckte, nagelförmige Gestalt auszeichnen, da sie gewöhnlich von einem Ende nach dem anderen allmälig anschwellen. Innerhalb dieser noch blassen, nagelförmigen Körperchen tritt nun allmälig immer deutlicher ein ihre gesammte Länge durchziehendes, dunkeles Stäbchen auf, zu dessen Bildung die früheren dunkelen Körner verwendet zu werden scheinen. Um dieses Stäbchen bemerkt man noch die Umrisse des eigentlichen Körperchens als schwache Schatten.

Diese unzweifelhaft parasitischen, zu den Schizomyceten gehörigen Bildungen des *Trilobus* scheinen mir eine so grosse Analogie mit denen des *P. Aurelia* zu besitzen, dass schon deshalb die parasitische Natur dieser letzteren nicht zweifelhaft erscheinen kann; auch letztere gehören sonder Zweifel zu den Schizomyceten. Aehnliche Parasiten finden sich zuweilen auch in dem Nucleolus mancher Infusorien, der hierdurch gewöhnlich sehr vergrössert wird. Man vergleiche hierüber die Mittheilungen Lieberkühn's,*) Balbiani's (66) und namentlich Kölliker's (92), der bei *P. Aurelia* solche inficirte und sehr vergrösserte Nucleoli beobachtete, welche sich dennoch in ziemlich normaler Weise theilten.

In neuerer Zeit hat Greeff (73; pag. 215) bei *Epistylis flavicans* Ehrbg. häufig den Nucleus sehr verdickt und verkürzt und ganz erfüllt mit haarförmigen, etwas sichelförmig gekrümmten Stäbchen angetroffen.**) Eine kleine Unrichtigkeit ist es auch hier wieder, wenn er weiterhin sagt, dass derartige Stäbchen im Nucleus und Nucleolus mancher Infusorien gefunden und von Stein und Balbiani für Spermatozoidien erklärt worden seien. Sowohl Balbiani wie Stein waren sich des Unterschiedes zwischen den Fasern der im Laufe der Conjugation sich metamorphosirenden Nucleoli und den parasitischen Stäbchen des Nucleus wohl bewusst und keiner von ihnen hat jemals vermuthet, dass die regelmässige Entwicklung des Nucleolus das Product parasitischer Bildungen sein könnte. Greeff wagt es nicht, diese Stäbchen des Nucleus von *Epistylis flavicans* mit Sicherheit als Zoospermien anzusprechen, kann jedoch auch andererseits nicht der Vermuthung Raum geben, dass dieselben parasitischer Natur seien. Er hat nun ferner auch Thiere gefunden, deren Nucleus zwar die gewöhnliche Hufeisenform, jedoch eine Menge kleiner, kernartiger Einschlüsse besass; er glaubt daher, dass es sehr verlockend sei »die Ansicht auszusprechen und sie würde sich durch manche Analogien mit anderen Beobachtungen stützen lassen, dass die oben beschriebenen Erscheinungen im Nucleus mit den spermatozoiden-ähnlichen Gebilden im Nucleus anderer Individuen desselben Stockes in Verbindung ständen, mit anderen Worten, dass wir hier einer geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien gegenüberstehen.« Die Analogien mit anderen Beobachtungen, welche Greeff hier im Auge hat, sind nun ohne Zweifel die von Carter und späterhin auch ihm selbst angestellten Beobachtungen über die Fortpflanzung der Amöben. Auf wie lückenhafter Grundlage jedoch diese vermeintliche, vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung der Amöben und anderer

*) Monatsberichte der Königl. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1856.

**) Ich fand bei *Epistylis flavicans* die Nucleusmasse recht häufig sehr schön faserig differenzirt, ein Verhalten, wie es sich bei anderen Vorticellinen nur während der Theilung findet. Ich glaube jedoch kaum, dass es ähnliche Bildungen waren, die Greeff vorlagen.

Rhizopoden (*Difflugia* nach Carter) beruht, ist vor kurzer Zeit sehr richtig von R. Hertwig (77; pag. 17) gezeigt worden. Gegenüber diesen Beobachtungen, die ihrerseits zum Theil wohl auch durch die vermeintliche Fortpflanzung der Infusorien durch vom Nucleus gebildete Embryonen beeinflusst worden waren, gründete sich die jetzt definitiv widerlegte Theorie von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Ciliaten doch auf eine viel sicherere Basis, wozu noch kam, dass die Fortpflanzung der Ciliaten durch Embryonen so bestimmt nachgewiesen schien.

Ohne hier leugnen zu wollen, dass bei Amöben und Rhizopoden nicht möglicherweise eine Fortpflanzung durch endogen erzeugte Sprösslinge vorkommen könne, so dürfte doch mit grosser Sicherheit zu vermuthen sein, dass eine Fortpflanzung durch aus dem Nucleus hervorgegangenen Brut nicht statt hat, da hierdurch, bei der nachweislichen Identität der Nuclei der Rhizopoden mit denen echter Zellen, unsere gesammten Erfahrungen über das Wesen der Zelle auf den Kopf gestellt würden; jedenfalls müsste aber ein derartiger Vorgang in einer absolut sicheren Form nachgewiesen sein, um Vertrauen zu verdienen.

Greeff (83) hat in neuester Zeit auch bei der von ihm entdeckten *Pelomyxa palustris* eine von den Kernen ausgehende Fortpflanzungsweise beschrieben. In den zahlreichen Kernen dieses Rhizopoden sollen sich dunkele Körner erzeugen, die schliesslich durch Platzen der Kerne entleert werden und nun die Anfänge der sogenannten Glanzkörper darstellen. Letztere wachsen später sehr an, vermehren sich durch Theilung und gehen schliesslich in die Zoosporen der *Pelomyxa* über.

Im Laufe des Frühjahrs 1875 war es mir vergönnt, einige Exemplare der *Pelomyxa* in einer Torfgrube hiesiger Gegend aufzufinden und zu studiren. Die erhaltenen Resultate sprechen in gewisser Hinsicht für, in anderer gegen die Greeff'sche Auffassung. Einmal habe ich mich durch nichts davon zu überzeugen vermocht, dass die sogenannten Glanzkörper*) aus den dunkelen Körnern der Kerne hervorgehen. Dagegen machte ich eine Beobachtung, welche es sehr wahrscheinlich erscheinen lässt, dass die Glanzkörper wirklich die Sporen der *Pelomyxa* sind, oder dass diese letzteren vielmehr durch Differenzirung derselben hervorgehen.

In einigen Thieren fand ich nämlich die Glanzkörper zum Theil ganz blass, nicht mehr dunkelglänzend und von einer derben, ziemlich weit abstehenden Hülle umgeben. Innerhalb der blassen und etwas körnigen Masse des Glanzkörpers war ein deutlicher, sehr heller Kern sichtbar. Ein anderes Thier zeigte gar keine grösseren Glanzkörper, sondern zahlreiche derartige Sporen, die hier zum Theil noch ein merkwürdiges Verhalten aufwiesen. Ihre derbe Hülle

*) Vergl. hierüber auch F. E. Schulze (85).

war nämlich nicht abgerundet, sondern ziemlich regelmässig polygonal, häufig ganz regulär hexagonal gestaltet. Innerhalb der Hülle lag auch hier ein, den Binnenraum derselben nicht ausfüllender Protoplasmakörper mit häufig sehr deutlichem, hellem Kern.

Ich hoffte die weitere Entwicklung solcher Sporen vielleicht verfolgen zu können und beobachtete daher eine Anzahl isolirter mehrere Tage lang, ohne jedoch ein Ausschlüpfen aus der Hülle oder sonst eine bemerkenswerthe Veränderung constatiren zu können.

Wenn ich es daher auch für sehr wahrscheinlich halte, dass die Glanzkörper der *Pelomyxa* wirklich deren Fortpflanzungskörper sind, so kann ich es doch keineswegs für erwiesen, noch für annehmbar erachten, dass dieselben aus den Kernen hervorgehen, sondern sie entstehen sehr wahrscheinlich frei im Protoplasma des Thieres.

8. Abschnitt. Ueber die morphologische Auffassung der Infusorien. *)

Es wäre eine überflüssige Mühe, wollte ich hier noch einmal die gesammten Wandlungen, welche die Auffassung des Infusorienorganismus im Laufe unseres Jahrhunderts widerfahren hat, darlegen, ich kann dies um so mehr unterlassen, als sowohl Häckel wie Claus, in den einleitenden Worten zu ihren Betrachtungen über die morphologische Werthigkeit unserer Thiere, die früheren Ansichten ziemlich eingehend besprachen.

Balbiani steht ungefähr auf demselben Standpunkt wie Claparède und Lachmann, d. h. er hält die Infusorien für hochentwickelte coelenteraten- oder wurmähnliche Organismen. Stein's Standpunkt hingegen, der sich nicht durch besondere Klarheit auszeichnet, wird am besten durch seine schon mehrfach citirten Worte bezeichnet (68; pag. 22): »Die Infusorien sind in Bezug auf ihren Ursprung entschieden einzellige Thiere**) und wenn man diese Bezeichnung nur in diesem Sinne gebrauchte, so würde ich dieselbe durchaus gerechtfertigt finden, ja sie würde sich sogar ungemein empfehlen, weil sie den fundamentalsten Unterschied der Infusionsthiere von den ausserhalb des Protozoënkreises stehenden Thieren, die ihrer ersten Anlage nach mehrzellige Organismen sind, sehr prägnant ausdrückt. Die ausgebildeten Infusionsthiere aber wird man immer Anstand nehmen müssen als einzellige Organismen zu bezeichnen, denn sie sind nicht blos einfach fortgewachsene Zellen, sondern der ursprüngliche Zellenbau hat einer wesentlich anderen Organisation Platz gemacht, die der Zelle als solcher durchaus fremd ist.« Dieser letzte Satz ist nun nicht recht klar, soll dadurch gesagt sein, dass der Bau der ausgebildeten Infusionsthiere mit dem Begriff der Zelle überhaupt unvereinbar sei, oder

*) Die unter dieser Aufschrift anzustellenden Betrachtungen beziehen sich nur auf die ciliaten Infusorien.

**) Dasselbe liesse sich zwar heutzutage wohl ohne ernstlichen Widerspruch von allen Thieren behaupten.

nur, dass sich bei diesen ersteren solche Differenzirungen eingestellt haben, wie wir sie bei gewöhnlichen Zellen sonst nicht kennen. Jedenfalls hätte Stein seinen Standpunkt dadurch genauer feststellen sollen, dass er angegeben hätte, welchen morphologischen Werth er dem Infusorienorganismus denn beilege, wenn er Anstand nehme, ihn als einen Einzelligen aufzufassen.

Häckel, welcher schon in seiner Monographie der Radiolarien die Vielzelligkeit der ciliaten Infusorien vertheidigte, späterhin 1866*) dieselben als Ausgangspunkt seines Stammes der Gliederthiere bezeichnete und in näherer Ausführung bemerkt, dass aus denselben sich wohl zunächst die Turbellarien entwickelt zu haben schienen, fernerhin jedoch noch die Angabe macht,**) dass die Rotatorien durch ihre tiefsten Formen selbst noch mit den Infusorien verbunden seien, wurde dann 1873 zu einem energischen Anhänger der Einzelligkeitslehre (81).

Dass die Infusorien jedoch im Verein mit den verwandten nichtzelligen Organismen, die nach ihrem Gesammtverhalten sich dem physiologischen Begriff der Thierheit anschliessen, im Gegensatz zu allen übrigen zelligen Thieren eine besondere Abtheilung der Protozoën zu bilden hätten, war trotz den Anstrengungen, welche Claparède, Lachmann und Andere machten, um diese Ansicht umzustossen, von einer nicht kleinen Zahl der namhaftesten Forscher anerkannt worden, wie ein Blick in die zoologischen Lehrbücher des letzen Deceniums beweisst. Forscher wie Siebold, Kölliker, Leuckart, Gegenbauer, Claus und im Grunde genommen auch Stein hatten sich stets in dieser Hinsicht ausgesprochen.

Dass sämmtliche Organisationseigenthümlichkeiten der ciliaten Infusorien (mit Ausnahme des Nucleus), wie sie uns in mannigfaltigster Entwicklung in der grossen Reihe verschiedener Formen entgegentreten, mit den Attributen einfacher Zellen vereinbar seien, wie vor langer Zeit schon Siebold***) zeigte, haben in neuerer Zeit wieder Kölliker,†) Claus††) und M. Schultze†††) anerkannt.*†)

---

*) Generelle Morphologie. Bd. II. pag. LXXVIII.

**) l. c. pag. LXXXV.

***) Lehrbuch der vergl. Anatomie. Bd. I. 1848. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. II.

†) Icones histiologicae. Bd. 1. 1864.

††) Ueber die Grenzen des thierischen und pflanzlichen Lebens. Leipzig 1869.

†††) Ueber die Gattung *Cornuspira* unter den *Monothalamien*. Archiv für Naturgesch. 1869. I. pag. 306.

*†) Ich hatte für mich schon im Voraus die Möglichkeit erörtert, dass sich bei einem Infusor sogar ein Darmkanal, d. h. eine mit zwei Mündungen in die Aussenwelt führende, verdichtete Röhre des Endoplasma's, finden könnte, ohne dass hierdurch die einfache Zellennatur der Infusorien in Frage gestellt würde. Ich war daher auch nicht überrascht, als ich nachträglich Gelegenheit fand, die Balbiani'sche Arbeit über *Didinium nasutum* (101; pag. 376) zu studiren, bei welchem interessanten Infusor, das ich in letzterer Zeit auch in hiesiger Gegend fand, wirklich ein derartig beschaffener Zellendarm vorhanden sein soll. Für gewöhnlich erscheint derselbe nach Balbiani ganz collabirt und öffnet sich nur beim Eintritt der Nahrung.

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass die Infusorien von einer Reihe von Zoologen stets als nicht mehrzellige Thiere in einen scharfen Gegensatz zu den höherstehenden Thieren gebracht wurden.

Etwas anders stellte sich die Frage, ob man unsere Organismen einer Zelle völlig gleichwerthig zu erachten habe. Vorerst übte einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Unsicherheit hinsichtlich der Entscheidung dieses Punktes die Schwierigkeit, über den Begriff einer Zelle überhaupt in's Klare zu kommen. Die Form, in welcher die Zelle entwickelter Gewebe sich gewöhnlich präsentirt, ist eine sehr charakteristische, wiewohl keineswegs constante. Der innerhalb der Zelle so constant vorhandene, als Zellenkern bezeichnete Körper, schien von so hoher Bedeutung für das Wesen der Zelle zu sein, dass die meisten Forscher sein Vorhandensein als eine nothwendige Eigenschaft des als Zelle zu bezeichnenden Elementarorganismus festzuhalten müssen glaubten, ja, den Begriff der Einzelligkeit so einzuschränken für nöthig hielten, dass er sich mit dem der Einkernigkeit deckte.

Andererseits fehlte es jedoch auch nicht an solchen, die eine weitere Fassung des Zellenbegriffs für einen naturgemässeren Ausdruck der thatsächlichen Verhältnisse hielten und daher auch kernlose Elementarorganismen unter den Begriff der Zelle aufnahmen. Es hängt diese Unsicherheit, wie ich in dem dieser Arbeit vorausgeschickten Vorwort anzudeuten versucht habe, zum grossen Theil damit zusammen, dass man die rein morphologische Betrachtungsweise auch da anwenden zu dürfen glaubte, wo sie zur Aufstellung klarer Begriffe nicht mehr dienen konnte.

Eine besondere Schwierigkeit für die Beurtheilung des Infusorienorganismus lag nun aber darin, dass derselbe wirklich gewisse Inhaltskörper enthielt, welche sehr zu einer Vergleichung mit den Kernen echter Zellen verlockten, ohne jedoch auf der anderen Seite sich dem Begriff des Zellenkern's, wie er von den Gewebezellen höherer Thiere abstrahirt worden war, in allen Stücken unterordnen zu wollen. Leider war nun dieser Begriff des Zellenkerns ein noch viel vagerer als der der Zelle selbst, er beschränkte sich auf das Vorhandensein gewisser, sehr schwankender Structureigenthümlichkeiten und die Rolle, welche demselben, wiewohl nicht von allen Seiten in gleicher Weise, bei der Vermehrung der Zelle zugeschrieben wurde. Dagegen hatte sich bei keiner echten Zelle jemals nur eine Thatsache ermitteln lassen, welche es wahrscheinlich gemacht hätte, dass dieser Zellkern die Bedeutung eines Fortpflanzungsorgans habe, welches aus sich selbst echte Zellen zu erzeugen im Stande gewesen wäre.

Gerade diese Eigenthümlichkeit musste jedoch als die bezeichnendste Eigenschaft des sogenannten Nucleus der Infusorien betrachtet werden, wie dies z. B. höchst klar aus den

nachfolgenden Worten Stein's hervorgeht: »Wie sehr auch augenblicklich die Ansichten über die geschlechtliche Fortpflanzung der Infusionsthiere auseinander gehen mögen, darüber sind doch alle Forscher, welche sich mit diesem Gegenstand speciell beschäftigt haben, einig, dass die erste Anlage zu einem neuen Individuum von einem Theilstück des Nucleus gebildet wird, welches entweder sogleich in Form einer Zelle aus dem Nucleus hervorgeht, oder doch bald nachher diese Form annimmt, indem es sich zu einer lichten, von einer structurlosen Membran begrenzten Protoplasmakugel gestaltet, welche einen opakeren, centralen Kern einschliesst« (68; p. 21).*) Wie war nun, wenn man an einer Vergleichung des Zellkerns mit dem Kern der Infusorien festhielt, dieser Zwiespalt zu lösen? Entweder musste man den Begriff des Zellkerns erweitern, indem man ihm eben die Eigenschaft, unter gewissen Umständen völlige Zellen zu erzeugen, zuschrieb, wie dies denn auch in der That von Kölliker (92) und neuerdings Auerbach (17) geschah; andererseits konnte man jedoch auch die Beobachtungen, auf welche sich die Ansichten über die Fortpflanzung der Infusorien durch aus dem Nucleus hervorgehende Sprösslinge stützten, als unrichtig betrachten und dies letztere geschah von Häckel. Er geht jedoch auf diese fundamentale Frage nur mit drei Worten ein, indem er sagt (81; p. 551): »Eine zweite Reihe von Fortpflanzungserscheinungen der Ciliaten möchte ich als Sporenbildung bezeichnen. Ich fasse unter dem Begriff jene Fälle zusammen, in denen (ohne vorhergehende »Befruchtung«) der Nucleus ganz oder theilweise in zahlreiche Stücke zerfällt und jedes dieser Stücke (wahrscheinlich durch Umhüllung mit einem entsprechenden Stück des Protoplasma's des Mutterthieres) sich zu einer selbstständigen Zelle, einer sogenannten Keimkugel gestaltet.« Ich habe schon in meiner vorläufigen Mittheilung (79)

---

*) v. Siebold, einer der Hauptbegründer und Vertheidiger der Einzelligkeitslehre der Infusorien und Rhizopoden, hat doch wohl auch zu der Auffassung des Nucleus als Fortpflanzungsorgan den Grund gelegt. Am Schlusse der Beschreibung des Infusorienbaues bemerkt er in seinem Lehrbuch der vergl. Anatomie, anschliessend an den Encystirungsprocess bei *Euglena viridis*, in einer Anmerkung pag. 25: »Vielleicht entwickelt sich dieser Kern, dem der Infusorienleib nur als einstweilige Hülle gedient hat, späterhin zu einem besonderen Thier und es sind am Ende alle Individuen der *Euglena viridis* und noch vieler anderer Infusionsthiere, nur die Larven von anderen Thieren, deren vollständige Metamorphose bis jetzt noch nicht erkannt wurde. Man möchte fast in Versuchung kommen zu fragen, ob nicht der Kern der Infusorien zu dem Körper, der ihn einschliesst, dieselbe Beziehung und Bedeutung habe, wie die schlauchartigen Larven zu den sie umhüllenden infusorienartigen Embryonenleibern des *Monostomum mutabile*?« Schon im folgenden Jahre nach dem Erscheinen des v. Siebold'schen Lehrbuchs glaubte denn auch Stein dieses Verhältniss des Nucleus zu dem Infusorienleib bei den Acineten gefunden zu haben und dass der oben citirte Ausspruch v. Siebold's seine Wirkung auf Stein nicht verfehlte, geht mit Sicherheit aus der Art und Weise hervor, wie er denselben in seiner »Entwicklungsgeschichte der Infusionsthiere« bespricht (Vergl. 60; pag. 4).

mir die Bemerkung erlaubt, dass ich in der von Häckel eingeschlagenen Art der Behandlung dieser Frage, nicht eine Lösung sondern eine Verwirrung erkennen muss. Jeder an diesem Punkt angelangte Kritiker musste sich sagen, dass bei so grosser Uebereinstimmung der verschiedenen Forscher hinsichtlich der Entstehung der Sporen oder Keimkugeln aus dem Nucleus und zwar allein aus diesem, nur erneute Beobachtung die Stützen für eine derartige Beiseitesetzung der früheren Ergebnisse hätte liefern können, am allerwenigsten aber eine derartige Annahme zur Grundlage von Betrachtungen über die Morphologie der Infusorien gemacht zu werden verdiene. Es kann daher auch nicht zweifelhaft erscheinen, dass Häckel in keiner Weise die Uebereinstimmung des Nucleus der Infusorien mit einem ächten Zellkern nachzuweisen vermochte und hiermit allein schon erscheint das Resultat seiner Betrachtungen, nämlich der Nachweis der Einzelligkeit der Infusorien, als keineswegs begründet.

Eine dritte Betrachtungsweise, die den Beobachtungen gleichzeitig gerechter wurde, wäre jedoch die gewesen, dem Nucleus der Infusorien die Eigenschaften eines Zellkerns überhaupt abzusprechen und diesen Weg hat Claus eingeschlagen.*) Er sagt: »Entweder ist der sogenannte Nucleus der ursprüngliche Kern nebst einer Partie Protoplasma, also ein Theil der Zelle, oder er ist eine endogen erzeugte Zelle und verhält sich zum Infusor ähnlich wie das sogenannte Keimbläschen, worüber spätere Untersuchungen Aufschluss geben werden; jedenfalls kann er nach dem bisher bekannten nicht im Sinne v. Siebold's einfach als Zellkern betrachtet werden« (82; p. 35). Unter dem Keimbläschen ist hier das Ei im Embryosack der Phanerogamen gemeint. In der dritten Auflage seines Lehrbuchs bemerkt er p. 174 »dennoch ist es unrichtig die Infusorien als einzellig zu bezeichnen, da die als Nuclei bezeichneten und zur Fortpflanzung dienenden Gebilde weder überall in einfacher Zahl auftreten, noch auch genau dem Kern einer Zelle entsprechen, vielmehr als Erzeuger von Keimkugeln und Schwärmsprösslingen, selbst die Bedeutung einer Tochterzelle haben.« Wenn aber die Nuclei selbst die Bedeutung einer Tochterzelle haben, so entsprechen sie eben auch nicht nur nicht genau einem Zellkern, sondern sie entsprechen dann einem solchen

*) Huxley hat neuerdings vorgeschlagen, den Nucleus der Infusorien den Endoplast und den Nucleolus Endoplastula zu nennen, ein Vorschlag, der nach erlangter besserer Einsicht in die Bedeutung dieser Theile des Infusorienkörpers natürlich hinfällig wird. Hinsichtlich der Bedeutung seines Endoplast's und Endoplastula's ist er natürlich ebenfalls ganz unsicher. Er sagt pag. 204: »That the endoplast itself is a reproductive organ is clear; but the development of embryos by its fission is an argument rather against, than in favour of identifying it with the nucleus of a cell.« Gleich darauf aber scheint er doch wieder sehr geneigt zu sein, den Endoplast mit einem Zellkern zu identificiren. Vergl. »On the classific. of the animal kingdom«. Journ. of Lin. soc. Zool. Vol. XII. p. 199.

ganz und gar nicht. Diese Consequenz vollkommen durchzuführen war jedoch Claus, wie es scheint, nicht recht geneigt.

Um dies zu zeigen, müssen wir jedoch den anderen Weg, welchen sowohl Häckel wie Claus eingeschlagen haben, um zur richtigen Beurtheilung des Infusorienorganismus zu gelangen, etwas näher betrachten. Sie gehen dabei nämlich von der Entwicklungsgeschichte aus. Diese sollte aber nach den Beobachtungen Balbiani's und Stein's entweder durch Ablage von Eiern (Keimkugeln Stein's) oder nach Stein durch Embryonalkugeln, die sich aus den Keimkugeln entwickelten und ihrerseits wieder Embryonen erzeugten, geschehen. Diese Keim- und Embryonalkugeln sollen nun nach Häckel und Claus alle Attribute einer echten Zelle besitzen. Letzteres galt jedoch nur in sehr beschränktem Sinne von den sogenannten Eiern Balbiani's und den Keimkugeln Stein's, wie sich aus dem Studium der betreffenden Arbeiten hätte ergeben müssen und worauf ich früherhin schon mehrfach aufmerksam gemacht habe. Was nun ferner die Entwicklung dieser vermeintlichen Eier oder Keimkugeln nach ihrer Ablage betraf, so war darüber auch nicht das Geringste bekannt.

Es blieben also mit Sicherheit als zellenartige Fortpflanzungskörper nur die sogenannten Embryonalkugeln übrig, und auf diese beziehen sich denn auch die Angaben von Häckel und Claus ausschliesslich. Aus diesen gehen nun nach Stein durch Theilung und äussere oder innere Sprossung die Embryonen der Infusorien hervor. Der Bau dieser Embryonen nun sollte entschieden einzellig sein und da sich aus ihnen die ausgebildeten Infusorien ohne Furchung entwickelten, so hätten also diese nach Häckel auch nur den Formwerth der Embryonen, d. h. einfacher Zellen.

Diesem anfänglich sehr einleuchtenden Schluss standen jedoch bei näherer Betrachtung sehr gewichtige Bedenken gegenüber. Einmal hatte Balbiani sich sehr entschieden dagegen ausgesprochen, dass die vermeintlichen Embryonen in den Fortpflanzungskreis der Infusorien gehörten und es auch schon für einige Fälle sehr wahrscheinlich gemacht, dass dieselben parasitische Acineten seien. Die Natur dieser acinetenartigen Embryonen musste daher sehr zweifelhaft erscheinen; das Studium der Schriften Stein's musste es jedoch darlegen, dass auch die Embryonen der Vorticellinen sich in vielen Beziehungen den erstgenannten so innig anschliessen, dass bei ihrer Beurtheilung jedenfalls Vorsicht geboten war.

Nur finden wir bei Häckel nicht die geringste Andeutung, dass die Natur dieser Embryonen nur im mindesten zweifelhaft sei.

Claus hingegen hatte die Ueberzeugung, dass die Beziehung der acinetenartigen Sprösslinge auf parasitische Acineten sehr wahrscheinlich sei. Dennoch scheint es ihm auch voll-

kommen berechtigt, bei der Deutung des Infusorienbaues von dem sogenannten Ei, Embryo oder schwärmenden Sprössling auszugehen und mit Stein die Infusorien in Bezug auf ihren Ursprung entschieden einzellige Thiere zu nennen (l. c. p. 30). Weiter unten bemerkt er, dass der echte Kern des jugendlichen Stadiums morphologisch dem sogenannten Nucleus des fertigen Infusors nicht vollständig entspreche. Nun wird man aber fragen, warum nicht? denn in seinem Bau ist nicht der geringste Unterschied zwischen diesem Kern der Embryonen und dem vieler erwachsenen Infusorien zu finden. Es kann dies also nur deshalb der Fall sein, weil eben der Kern des ausgebildeten Infusors, wegen der von ihm ausgehenden Fortpflanzung, den Werth einer Tochterzelle haben soll, der des Embryo hingegen den eines Zellkerns. Die natürliche Consequenz wäre nun gewesen, auch dem Nucleus des Embryo die Bedeutung einer Tochterzelle beizulegen; da Claus dies jedoch nicht thut, so kommt er zu der etwas unklaren Vorstellung, bei der Entwicklung des Infusors eine allmälige Umbildung des ursprünglichen, echten Zellkerns zu einer Tochterzelle anzunehmen und befand sich hiermit doch eigentlich wieder sehr nahe dem Standpunkt Kölliker's, gegen den er polemisirt. Letzterer hatte nämlich gesagt, dass der ursprüngliche Kern des Embryo oder der weiblichen Geschlechtszelle (Nucleus) des Mutterthieres sich schliesslich selbst wieder zu einer weiblichen Geschlechtszelle umbilde.

Hier bot sich eben wieder eine grosse Lücke in den Beobachtungen, welche Claus leicht durch eine Annahme: dass der ursprüngliche Kern des Embryo sich mit Protoplasma umhülle, von welchem man jedoch am Nucleus der Infusorien kaum jemals etwas zu bemerken im Stande ist, ausfüllen konnte. Nach der Claus'schen Auffassung des Infusorienbaues stellte sich dann fernerhin die merkwürdige Erscheinung heraus, dass sich Zellkerne in den reifen Formen dieser Organismen gar nicht finden.

Für Häckel bestand die letztbesprochene Schwierigkeit nicht, da er den Nucleus des Embryo und des ausgebildeten Infusors glattweg für identisch erklärt; er sagt in dieser Beziehung: »Wir gehen von der feststehenden Thatsache aus, dass sich dieser Nucleus in den Sporen (Keimkugeln) und den daraus unmittelbar entstandenen jungen Ciliaten durchaus wie ein gewöhnlicher Zellkern verhält und auch bei der später eintretenden Differenzirung keinerlei Veränderungen erfährt, welche der Auffassung des ganzen Organismus als einfacher Zelle widersprechen« (p. 549).

Da nun aber noch Niemand die Entwicklung dieser vermeintlichen Embryonen der Ciliaten auch nur um einen kleinen Schritt weiter verfolgt hatte, so scheint mir, war die obige Folgerung

Häckel's ganz unbegründet, ja, das vollkommene Dunkel, welches hinsichtlich der Weiterentwicklung der Embryonen der Ciliaten herrschte, hätte meiner Ansicht nach von jeder auf ihre vermeintliche Entwicklungsgeschichte gegründeten Schlussfolgerung zurückschrecken müssen. Niemand wusste, ob diese Embryonen, welche als eine Art Schwärmsprösslinge in einer von dem Mutterthier völlig abweichenden Gestalt erschienen, sich unter Beibehaltung ihrer einfachen Zellennatur direct in die Form ihrer Mutterthiere umwandelten. So sagt z. B. Stein: »Eine directe Metamorphose des Embryo's der Vorticellinen in die Gestalt des Mutterthieres musste bei der winzigen Grösse des Embryo ganz unzulässig erscheinen« (68; p. 139). Der Embryo hätte die verschiedensten Umwandlungen erleiden können, bevor er sich zum Mutterthier heranbildete, und was das Wichtigste ist, seinen ursprünglichen, einfachen Zellenbau hierbei völlig einbüssen können durch Verschmelzung von Schwärmern oder durch Zellvermehrung während eines ruhenden Zustands etc.

So wenig ich nun auch derartige Vorkommnisse für wahrscheinlich gehalten hätte, so habe ich sie dennoch angeführt, um zu zeigen, dass die vermeintliche Lösung des Problems des Infusorienorganismus mittels der Ontogenese auch wieder nur durch eine Annahme möglich war, welche die unausgefüllte Kluft zwischen den vermeintlichen Embryonen der Ciliaten und den ausgebildeten Thieren überbrückte. Der Schluss aber, welchen ich aus den vorstehenden Betrachtungen ziehen muss, ist, dass es weder Häckel noch Claus gelungen ist, die Frage nach der morphologischen Deutung des Infusorienorganismus ihrer Lösung näher zu rücken, sondern dass sie dieselbe auf dem nämlichen Stadium der Unklarheit liessen, die sie seit der letzten Publikation Stein's hatte. Die Lösung dieses Problems konnte eben nicht mit dem thatsächlich vorhandenen Material versucht werden, sondern liess sich nur durch neue Beobachtungen erwarten. Es handelte sich hierbei ziemlich einfach um die Bedeutung der Nuclei und Nucleoli und es war die Hoffnung vorhanden, hierüber durch die Untersuchung der Fortpflanzungserscheinungen ins Klare zu kommen.

In Anbetracht des so eigenthümlichen Baues des Nucleus der Infusionsthiere, der von dem der meisten Zellkerne so bedeutend abweicht, konnte aus der Beschaffenheit des normalen Nucleus kaum irgend ein sicherer Beweis für seine Natur gezogen werden, denn dass er sich z. B. stärker als das umgebende Plasma tingirt, dürfte doch nur wenig bedeuten, da sich dies zum Theil wenigstens schon durch seine grössere Dichte erklärt.

Dass er sich bei der Theilung des Infusors ebenfalls, nicht vorher, wie Häckel will, theilt, ist gleichfalls ohne Belang, da die Beziehungen des Zellkernes zur Theilung bis in die

neueste Zeit so wenig aufgeklärt waren, dass viele Beobachter jegliche Beziehungen dieser Art läugneten.

Aus den Beobachtungen über die Conjugation der Ciliaten folgt nun aber die Bedeutung des Nucleus einfach und sicher. Wir haben oben die Nucleoli als echte Zellkerne erkannt, an deren morphologischem Werth sich nicht zweifeln lässt, und haben nun, um die Bedeutung des Nucleus zu finden, uns nur daran zu erinnern, dass sich in den beiden am vollständigsten untersuchten Fällen, bei *P. Bursaria* und *Stylonichia Mytilus* nämlich, durch Auswachsen eines Nucleolus, eines echten Zellkernes, der Nucleus bildet. Wir haben also hier den sicheren Beweis zu liefern vermocht, dass der Nucleus nichts weiter als ein zu einer ansehnlichen Grösse herangewachsener und dabei in seiner Masse bestimmt modificirter Nucleolus, also gleichfalls ein echter Zellkern ist.

Eine weitere Bestätigung hat dieser Befund noch dadurch erfahren, dass sich die vermeintliche vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung, die im Verlaufe der Conjugation eintreten sollte, bei keinem der näher hierauf untersuchten Infusionsthiere constatiren liess, dass hingegen bei drei Arten der sichere Nachweis der parasitischen Natur der Embryonen gelang.

Ich glaube hier noch einmal besonders darauf aufmerksam machen zu müssen, dass man nicht die, nachweislich bei verschiedenen Infusorien nach stattgefundener Conjugation ausgeschiedenen Nucleuskugeln als Fortpflanzungskörper betrachten darf, da, wie ich bei *Stylonichia Mytilus* zeigte, dieselben sehr bald vergehen und mit Sicherheit sowohl bei Stylonichien wie Paramaecien constatirt werden konnte, dass sich keine junge Brut in dem Wasser entwickelt, in welches eine grosse Zahl von Thieren ihre vermeintlichen Eier abgelegt hatten. Es wäre jedenfalls auch eine sehr sonderbare Fortpflanzungsart, durch welche z. B. bei *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans* je nur ein Ei bei jedem Fortpflanzungsact zur Entwicklung käme.

In neuester Zeit will jedoch Everts (74) einen vom Nucleus ausgehenden Fortpflanzungsprocess bei *Vorticella nebulifera* gefunden haben, der während der Encystirung vor sich gehe. Der Nucleus der encystirten Thiere soll durch Abschnürung in sechs bis zehn Kugeln zerfallen, welche alsbald frei im Innern der Cystenhülle umhertreiben. Schliesslich sollen diese Kugeln aus der Cystenhülle hervorgehen und sich nach einiger Zeit in ein der *Trichodina grandinella* Ehrbg entsprechendes Thier verwandeln, welches sich durch Theilung vermehrt, endlich festheftet, einen Stiel ausscheidet und in eine echte *Vorticella nebulifera* übergeht. Everts gibt an, diesen Prozess an einem und demselben aus der Cyste hervorgegangenen Kügelchen verfolgt zu haben, so dass vorerst kein Zweifel an der Richtigkeit der Beobachtung gestattet ist. Hingegen scheint es mir nicht erwiesen, dass die aus den Cysten

hervorgehenden Kügelchen wirklich die Theilstücke des Nucleus sind, wenigstens kann ich mir nicht erklären, wie sie sich dann frei in der Cystenhülle herumtreiben sollen; auch erhalten wir keine Mittheilung darüber, was mit dem Leib der encystirten Vorticelle geschieht, bleibt dieser noch in der Cyste bestehen oder geht er völlig zu Grunde. Mir scheint nach der Beschreibung Everts das Letztere der Fall zu sein, so dass ich deshalb sehr geneigt bin, seine Betheiligung an der Bildung der aus der Cyste austretenden Kugeln anzunehmen. Everts sagt hierüber: »Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die aus dem Nucleus hervorgehenden Kugeln durch Aufnahme von Stoffen aus dem Plasma wachsen, doch bin ich durch Messungen zu keinem bestimmten Resultat hierüber gekommen.« Ich glaube also auch durch diese Beobachtung Everts wird eine Fortpflanzung der Infusorien durch Theilstücke des Nucleus nicht erwiesen.

Eine vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung eigenthümlicher Art will auch Stein (68; pag. 56) bei *Euglena viridis* beobachtet haben; es sollen hier aus dem Nucleus eines und desselben Thieres eiförmige Körper und dann auch dünnhäutige, miteiner körnigen Brut erfüllte Säckchen hervorgehen. Die kurzen Bemerkungen, welche Stein jedoch über diesen Fortpflanzungsprocess macht, entziehen sich einer eingehenden Kritik; dennoch dürften diese an einem so kleinen Thier gemachten Beobachtungen noch mit viel grösserer Vorsicht aufzunehmen sein, als die Beobachtungen Stein's über die Fortpflanzung der ciliaten Infusorien, zumal über das Schicksal dieser vermeintlichen, aus dem Nucleus hervorgehenden Fortpflanzungskörper gar nichts mitgetheilt wird.

Ich kann also durch diese Beobachtungen nicht in meiner ausgesprochenen Ansicht wankend gemacht werden, dass nämlich eine vom Nucleus ausgehende Fortpflanzung der Infusorien und Protozoën überhaupt, nicht erwiesen ist und, nach der jetzt sicher bekannten morphologischen Bedeutung des Nucleus zu urtheilen, auch mehr wie unwahrscheinlich ist.

Welche Auffassung soll nun der Infusorienorganismus in seiner Gesammtheit erhalten, den Werth einer oder mehrerer Zellen? Dies hängt einfach davon ab, welchen Werth man hinsichtlich des Zellenbegriffes dem Nucleus beilegt. Nimmt man mit Häckel an, dass nur der Nucleus die Individualität der Zelle bestimme, dass also ein Protoplasmakörper mit mehreren Kernen so vielen Zellen entspreche, als Kerne vorhanden sind, so würde die grosse Mehrzahl der Infusorien als mehrzellig zu bezeichnen sein; denn dass die meisten mehrkernig sind, folgt aus der Anwesenheit der primären Kerne (Nucleoli) neben dem Kern und dass sich solche primäre Kerne bei den meisten Infusionsthieren finden werden, wenn man nur anhaltend

genug darnach sucht, ist wegen der beständigen Zunahme unserer Kenntnisse über die Verbreitung dieser Körper wohl gewiss.

Dass es sich hier nur um einen Streit über Begriffe und Worte handelt, in welchem Jeder in seiner Weise Recht behält, wie Claus sagt, ist richtig; dennoch dürfte derselbe vielleicht nicht ein ganz müssiger sein, da, wie schon Göthe meinte, Begriffe und Worte häufig mit einander in Feindschaft liegen. Wenn man den Schwerpunkt der Individualität in den Kern verlegt, so hat man eben statt der thatsächlichen Individualität der Zelle, welche in ihrer Gesammtheit liegt, die eines Theiles gesetzt und statt eines Ausdruckes der natürlichen Verhältnisse sich ein Schema geschaffen, in welches die Thatsachen eingereiht werden. Nur wenn man den Zellenbegriff in dieser Weise schematisch festgesetzt hat, kann man mit Häckel sagen: »Der vielgebrauchte Ausdruck vielkernige Zelle ist eine contradictio in adjecto« (pag. 529).

Gerade die Infusorien sind jedoch geeignet, die vermeintliche Bestimmung der Individualität der Zelle durch ihren Nucleus zu widerlegen.

Die vielkernigen Infusorien, — man denke z. B. an einen grossen *Loxodes Rostrum* mit vielleicht 26 primären (Nucleoli) und ebensovielen secundären (Nuclei), also im Ganzen 52 Kernen — betragen sich in absolut gleicher Weise wie eine einkernige, also allein echte Zelle. Der *Loxodes* theilt sich wie ein einkerniges *Protozoon*, gleichgültig wie hoch die Zahl seiner Kerne sich beläuft. Wollte man mit der individualisirenden Thätigkeit der Kerne dieses Thieres einen Sinn verbinden, so müsste man entweder zu zeigen vermögen, dass der vielkernige *Loxodes* das Resultat der Vereinigung vieler einkerniger Zellen sei oder, dass unter Umständen der *Loxodes* sich in einzelne Individuen mit je einem Kern auflösen könne. Beides ist nicht der Fall. Nehmen wir ein so einfaches Infusor wie *P. Aurelia*, so enthält dies doch zu jeder Zeit zwei Kerne, einen primären und einen secundären; geht dieses Thier aus der Conjugation hervor, so sind sowohl der primäre als der secundäre Kern in eine grosse Zahl von Theilkernen zerfallen. Während dieses Zustandes theilt sich jedoch das Thier wie eine einfache Zelle und später gehen aus ihm wieder zweikernige Zustände hervor.

Betrachtet man nun ferner noch die Mehrkernigkeit der ersten Furchungskugel so mannigfacher Thiere — man denke an die bis fünf Kerne enthaltende des *Cucullanus elegans* — und dass diese Kerne schliesslich miteinander zu einem einzigen verschmelzen, so glaube ich, dass dadurch hinreichend bewiesen ist, dass nicht die Kerne die Individualität der Zelle bestimmen, sondern diese, worin auch der Begriff der Individualität eigentlich besteht, durch die gesammte Lebensthätigkeit derselben, als gegen die Umgebung ganz oder relativ abgeschlossene Einheit bezeichnet wird; fügen wir dieser Bestimmung noch die hinzu, dass die lebendige

Bildungsmasse der Zelle ein ursprünglich gleichmässiger Stoff ist, der zwar Differenzirungen, jedoch nicht Individualitäten zweiter Ordnung in sich enthalten darf, so haben wir ungefähr alles, was wir zur Bestimmung des Begriffes der Zelle vorbringen können, um demselben einen, den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Ausdruck zu verleihen.

Natürlich fällt auch hierdurch die scharfe Trennung zwischen der Cytode und Zelle weg. Die Cytode wird hiernach nur eine weniger differenzirte Form der Zelle. Die ciliaten Infusorien werden also nach dieser Begriffsbestimmung der Zelle zu mehrkernigen und zuweilen sogar vielkernigen Zellen, die wahrscheinlich ganz allgemein eine sehr eigenthümliche und constante Verschiedenheit der Ausbildung ihrer Kerne zeigen, von welchem die einen in sehr rudimentärem, die anderen in sehr hochentwickeltem Zustand unter normalen Verhältnissen des Thieres sich befinden.

9. Abschnitt. Einige Bemerkungen über die Möglichkeit eines häufigeren Vorkommens von Kernverschmelzungen.

Es ist hier nicht meine Absicht, die gesammte Literatur nach Beobachtungen durchzustöbern, welche möglicherweise als Belege für das verbreitetere Vorkommen der Kernverschmelzung herangezogen werden könnten; eine solche Arbeit überschreitet einerseits meine Kräfte, andererseits würde jedoch auch das mühevolle Resultat dieses Unternehmens höchst wahrscheinlich nicht der aufgewendeten Zeit entsprechen. Ich will daher nur einzelnes, mir nahe liegendes, hier vergleichen.

Der Gedanke an das Vorkommen der Verschmelzung mehrerer Kerne zu einem einzigen lag der bisherigen Histiologie fern; nachdem jedoch jetzt die Aufmerksamkeit auf das Vorkommen eines derartigen Vorganges gelenkt worden ist, dürften sich vielleicht die Beobachtungen über das häufigere Auftreten dieses Processes bald vermehren. Es sind mir jedoch einige Angaben bekannt, welche eine Kernverschmelzung nachzuweisen sich bemühten. Einmal hat Schneider das Vorkommen eines solchen Vorganges bei der Entwicklung der Keimkugeln von *Actinosphaerium Eichhorni* zwar nicht direct behauptet, jedoch nach seinen Wahrnehmungen für die einfachste Erklärung des Umstandes genommen, dass die ursprünglich eine grössere Zahl kleiner Kerne einschliessenden Keimkugeln nach einiger Zeit nur einen grösseren, centralen Kern besitzen (87). Aus einer solchen Keimkugel (Ei Schneider's) sollte nach einiger Zeit dann wieder ein mehrkerniges *Actinosphaerium* hervorgehen. Greeff bestätigt diese Beobachtung Schneider's, scheint jedoch, indem er sagt, dass die ursprünglichen Kerne schwinden und an ihre Stelle ein

centraler, heller Körper (Kern)*) erscheint, sich nicht der Schneider'schen Ansicht von der Verschmelzung der Kerne anschliessen zu wollen (107). F. E. Schultze hat gleichfalls die Keimkugelbildung dieses Thieres untersucht und die Schneider'sche Beobachtung insofern nicht zu bestätigen vermocht, als er in jeder Keimkugel immer nur einen Kern fand; dennoch hat auch er eine sehr bedeutende Reduction der Kernzahl des sich zur Keimkugelbildung anschickenden *Actinosphaerium* beobachtet (84). Schneider hebt wohl mit Recht in einer späteren Bemerkung hervor, dass diese von Schultze beobachtete Reduction der Kernzahl principiell mit seinen Beobachtungen harmonire (88). Da jedoch eine einfache Verringerung der Zahl der Kerne noch nicht auf einen Verschmelzungsprocess schliessen, sondern sich auch eben so einfach durch die Annahme des Unterganges einer Anzahl Kerne erklären lässt, so sehen wir denn auch, dass F. E. Schultze sich der letzteren Auffassung zuneigt.

Weder für die eine, noch für die andere Betrachtungsweise sind jedoch Gründe angeführt worden, so dass also bis jetzt nur die Thatsache der Abnahme der Kernzahl bei der Fortpflanzung des *Actinosphaerium Eichhorni* durch Keimkugeln feststeht.

Dagegen gibt Cienkowski an, dass bei der Copulation der *Noctiluca miliaris* die Nuclei der copulirenden Thiere entweder gesondert bleiben oder sich vereinigen (91; pag. 56). Schon früher wurde der Verschmelzung der Kerne von Stylonichia bei ihrer von Engelmann beobachteten Copulation gedacht.

Auf einem ganz anderen Felde wurde neuerdings eine Kernverschmelzung behauptet. Götte (49) glaubt nämlich beobachtet zu haben, dass die Eier des *Bombinator igneus* sich in der Weise bilden, dass eine grössere Anzahl der in dem Follikel eingeschlossenen Keimzellen sich vereinigen und ihre Kerne zu dem künftigen Keimbläschen verschmelzen, um welches sich dann der Dotter ablagert. Ich habe keinen Beruf, mich hier als Kritiker dieser Beobachtung aufzuwerfen, muss jedoch gestehen, dass ich den beschriebenen Vorgang für sehr unwahrscheinlich halte und mich daher nicht entschliessen kann, ihn als Beleg für eine weitere Verbreitung der Kernverschmelzung zu verwerthen.

In meiner vorläufigen Mittheilung habe ich die Frage aufgeworfen, ob nicht, im Gegensatz zu der heutzutage geläufigen Ansicht, der mehrkernige Zustand eines Protoplasmakörpers der ursprüngliche, der einkernige dagegen erst aus diesem hervorgegangen sei.

Diese Frage muss um so viel näher liegen, als uns ja die Protozoën eine grosse Zahl

---

*) Die sonderbare Greeff'sche Ansicht, dieser grosse centrale Körper sei wahrscheinlich gar kein Kern, sondern vielleicht das junge *Actinosphaerium*, scheint durch die Beobachtungen von F. E. Schultze mit Sicherheit widerlegt zu sein.

mehrkerniger Formen, ja darunter solche mit einer sehr grossen Zahl von Kernen zeigen. Die gewöhnliche Auffassung dieser Formen ist, dass man sich die vielen Kerne als die Descendenten eines oder weniger ursprünglicher Kerne vorstellt. Ob jedoch diese Anschauung auch in allen Fällen begründet ist, ist eine zweite Frage, die mir keineswegs entschieden zu sein scheint.

Ich erinnere z. B. an das obengenannte *Actinosphaerium Eichhorni*; durch F. E. Schultze wissen wir, dass die aus den Keimkugeln hervorgehenden, einkernigen Formen wachsen und mehrkernig werden, ob jedoch hieraus auf eine Vermehrung der Kerne durch Theilung geschlossen werden darf, wie dies Schultze will, scheint mir sehr fraglich. Stein bemerkt schon, dass er nie auf einen in Theilung begriffenen Kern bei diesem Rhizopoden stiess, auch Greeff, Schultze und Hertwig-Lesser haben nichts von einer Theilung derselben beschrieben. Ich habe eine bedeutende Zahl von Thieren der verschiedensten Grösse untersucht, ohne irgend einen sicheren Kerntheilungszustand zu beobachten; ich traf zwar häufig dicht zusammenliegende oder wirklich aneinandergepresste Kerne, ohne jedoch hinreichende Gründe zur Annahme einer Theilung finden zu können. Ich muss jedoch bemerken, dass ich auch nichts beobachtete, was mit Sicherheit auf eine freie Entstehung der Kerne im Protoplasma hätte schliessen lassen. Theilungszustände von Rhizopodenkernen sind überhaupt nur höchst selten beobachtet worden, die meisten Angaben in dieser Hinsicht beruhen auf Annahmen, nicht jedoch auf Beobachtung.*)

Es war mir vergönnt, im Laufe meiner Untersuchungen mit einem sehr interessanten Rhizopoden näher bekannt zu werden, der vielleicht berufen sein mag, auf die Bedeutung der Vielkernigkeit unserer Thiere einmal ein helleres Licht zu werfen. Es ist dies die schon von Ehrenberg beschriebene, grosse *Amoeba princeps*, die auch seither, namentlich den englichen Forschern Wallich und Carter, vielfach als Untersuchungsobject gedient hat. Diese grösste aller bekannten Amoeben fand ich, als ich erst einmal auf sie aufmerksam geworden war, in hiesiger Gegend ungemein verbreitet, fast jedes stehende Gewässer lieferte mir davon mehr oder weniger zahlreiche Exemplare.

---

*) In seiner neuesten Mittheilung (»Ueber einige Rhizopoden und verwandte Organismen.« Archiv für mikroskop. Anatomie Bd. 12, pag. 15) bespricht Cienkowski auch die gelegentliche Vielkernigkeit eines der von ihm geschilderten Rhizopoden, ohne jedoch ebenfalls die Bedeutung dieser interessanten Erscheinung angeben zu können (vergl. pag. 43). Von Wichtigkeit erscheint es aber, dass es Cienkowski schien, als wenn die Vermehrung dieser Kerne unabhängig von dem Mutterkern sich vollziehe, womit in Uebereinstimmung wäre, dass nach Cienkowski auch bei der Theilung dieser und verwandter Organismen (*Chlamydophrys stercorea*, Cienk. pag. 41, *Lecythium hyalinum*, Hertw. u. L. pag. 39 und *Microgromia socialis*, Hertw. pag. 36) ein zweiter Zellkern unabhängig von dem alten auftritt. Dasselbe findet sich ohne Zweifel auch bei der von mir geschilderten Fortpflanzungsweise der *Arcella vulgaris* (Vergl. 80).

Was mich zuerst auf dieses interessante Geschöpf näher aufmerksam machte, war, dass ich bei der Untersuchung eines derselben nicht einen, sondern eine Unzahl kleiner Kerne traf. Dies brachte mich zuerst auf die Vermuthung, dass ich eine zweite Art des Greeff'schen Genus *Pelomyxa* gefunden hätte; als ich jedoch meine Beobachtungen weiter fortsetzte, so fand ich bald, dass das Vorkommen so zahlreicher (100—200) kleiner Kerne keineswegs eine regelmässige Erscheinung bei diesen Organismen ist, sondern dass sich alle Uebergangsstufen von diesem Zustand bis zu dem einkernigen nicht selten in einem und demselben Gewässer nebeneinander finden. Dabei zeigte sich die interessante Thatsache, dass die Zahl der Kerne zu ihrer Grösse im umgekehrten Verhältniss steht. Ich habe nun, um mich über diese Beziehungen zwischen Zahl und Grösse der Kerne zu orientiren, eine Anzahl Zählungen und Messungen angestellt und aus denselben schliesslich die Gesammtvolumina der resp. Kernmassen berechnet, indem ich die kleinen, gewöhnlich völlig runden Kerne als Kugeln berechnete, bei den in geringerer Zahl vorhandenen, grösseren hingegen, die fast immer elliptische Umrisse haben, das Volumen gleich einer Kugel von ihrem mittleren Durchmesser setzte. Diese Messungen und Rechnungen lieferten mir nachstehende, kleine Tabelle:

			Durchmesser.		Kernvolum.
			grösster	kleinster	
I.	108	Kerne . . .	0,0085 Mm.		0,345 Cb. Mm.
II.	25	» . . .	0,014 »		0,350 » »
III.	9	» . . .	0,021 »		0,436 » »
IV.	4	» . . .	0,035 »	0,032 Mm.	0,756 » »
V.	3	» . . .	0,037 »	— »	0,795 » »
VI.	2	» . . .	0,046 »	0,039 »	0,776 » »
VII.	1	» . . .	0,096 »	0,046 »	1,874 » »

Die für die Kernvolumina erhaltenen Werthe gelten natürlich nur im Grossen und Ganzen und was sich aus dieser Tabelle scheinbar sogleich schliessen lässt, ist eine Zunahme des absoluten Kernvolumens, Hand in Hand gehend mit der Grössenzunahme derselben, trotz der Verminderung ihrer Zahl. Gerade dieser Schluss scheint jedoch bei näherer Berücksichtigung der Verhältnisse sehr unsicher. Die Untersuchung der grösseren Kerne zeigt nämlich, dass dieselben nie die Gestalt von Rotationskörpern besitzen, sondern sehr stark abgeplattet sind, wie dies ja auch bei der meist so flachen Ausbreitung der Amoebe und unter den Bedingungen der Untersuchung natürlich erscheint.

Die Kerne zeigen sich daher dem Beobachter fast immer von der flachen Seite und die hierauf basirten Rechnungen müssen demnach stets viel zu hoch ausfallen, so dass ich der

Meinung bin, dass die in IV—VI erhaltenen, doppelt so grossen Volumina als in I—III, sich wohl allein durch die so beträchtliche Abplattung der Kerne erklären können. Das grosse Volum des einfachen Kernes VII scheint jedoch kaum allein durch diesen Umstand erklärlich. Viel wichtiger erscheint mir daher die nahe Uebereinstimmung der Volumina der Kerne in I—III, wo ihre Zahl zwischen 9 und 108 schwankte und ihre Gestalt gewiss noch annähernd kugelförmig ist. Interessant bleibt fernerhin doch noch die gleichfalls sehr nahe Uebereinstimmung der Volumina in IV—VI, wo die Kernzahl zwischen zwei bis vier schwankte. Immerhin mag es der Fall sein, dass das gesammte Kernvolum sich entsprechend der Abnahme der Kernzahl noch etwas vergrössere. Hinsichtlich der Frage jedoch, ob die kleinen Kerne durch einen Zerfall der grossen oder umgekehrt diese durch Vereinigung der kleinen hervorgehen, gestatten uns die erörterten Beziehungen zwischen Grösse, Zahl und Volum der Kerne bis jetzt keine sicheren Schlüsse zu ziehen, nur das eine lässt sich wohl behaupten, dass nämlich ein derartiger Zusammenhang existiren muss. Theilungszustände der Kerne habe ich nicht nachzuweisen vermocht; zwar kleben die kleinen Kerne nach ihrer Isolation oft in zweifacher oder vielfacher Zahl zusammen, jedoch schien mir dies nur eine künstlich hervorgerufene Erscheinung zu sein. Die grossen Kerne zeigen häufig sehr unregelmässige Faltungen im lebenden Thier, welche jedoch nach Austritt der Kerne in das umgebende Wasser völlig schwinden. Dagegen muss ich hervorheben, dass der Fundort, von welchem ich die *A. princeps* hauptsächlich bezog, mir ursprünglich nur Thiere mit vielen kleinen Kernen lieferte, späterhin jedoch eine grössere Zahl solcher mit wenigen grossen Kernen.

Ehrenberg und Dujardin hatten die Kerne der *A. princeps* nicht erkannt; Auerbach*) hat Thiere mit ein bis zwei Kernen gesehen und beschrieb auch einen bisquitförmigen Kern (l. c. Taf. XXII. Fig. 9. d), welchen er als in Theilung begriffen betrachtet; dass jedoch derartige Kernformen, wie sie bei der Unregelmässigkeit der Gestalt der grösseren Kerne leicht einmal vorkommen können, ganz und gar keine Sicherheit hinsichtlich eines Theilungsvorganges verleihen, brauche ich kaum besonders zu bemerken, um so mehr, als es nach unseren jetzigen Kenntnissen des Theilungsprocesses der Kerne sehr unwahrscheinlich ist, dass die Kerne der Amoeben so glattweg zerfallen werden.

Wallich (89) beschrieb 1863 eine vermeintlich neue Art als *A. villosa*, die jedoch, wie Carter später sehr richtig bemerkte, gewiss nichts weiter als die *A. princeps* war. Er fand bei ihr gewöhnlich nur einen Nucleus, jedoch unter gewissen Bedingungen, wie er glaubt, auch zwei und drei, die durch eine Theilung des einfachen Kerns hervorgegangen sein sollten, ohne dass jedoch hierfür genügende Beweise beigebracht worden wären (l. c. p. 438). Dennoch

*) Ueber die Einzelligkeit der Amoeben. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. VII. pag. 407.

hat er jedenfalls auch Zustände mit vielen kleinen Nuclei gesehen, denn zuweilen sollte der Nucleus in eine grosse Zahl körniger Kugeln ohne Hülle zerfallen (p. 365), welche Kugeln gewiss nichts Anderes als die kleinen Nuclei waren.

Carter hat etwa gleichzeitig (90) auch die *A. princeps* untersucht und glaubte bei ihr einen Fortpflanzungsprocess gefunden zu haben, ähnlich wie er ihn früher schon für *A. verrucosa* nachgewiesen haben wollte. Aus dem Nucleus der jungen Amoebe soll durch allmälige Theilung eine grosse Zahl, bis mehr als 70 kleiner Fortpflanzungszellen hervorgehen, an welchen sich jedoch nie »a nucleus or anything like a germinal vessicle« sichtbar machen liess. Der Durchmesser dieser vermeintlichen Zellen betrug 0,014 Mm., war also übereinstimmend mit den Verhältnissen der von mir gesehenen, kleinen Kerne. Zuweilen soll jedoch diese Theilung des ursprünglichen Nucleus nicht eintreten, sondern derselbe sich vergrössern und deutlicher granulirt werden, bis er schliesslich in der ausgewachsenen Amoebe eine ovale und abgeplattete Gestalt und eine Länge von 0,0507 Mm. erreiche. Carter vermuthet, dass hier die Nucleusmembran schliesslich zerstört würde und die eingeschlossenen Granula des Nucleolus als Fortpflanzungskörper hervorträten.

Wir sehen also, dass Carter schon vereinzelte Zustände der *A. princeps* gesehen, jedoch ihre Nuclei in der von ihm so häufig beliebten Weise mit der Fortpflanzung in Zusammenhang gebracht, sowie ihnen ihre wahre Natur streitig gemacht hat.*)

Auch Stein giebt schon an (68; p. 10), dass er bei *A. princeps* sechs bis zehn grosse, ovale Kerne gefunden habe.

Die Kernverschmelzungen gewisser mehrkerniger Infusorien (Oxytrichinen) vor der Theilung haben keine Bedeutung hinsichtlich der uns hier beschäftigenden Frage, da ja, wie oben im Anschluss an Balbiani gezeigt wurde, diese vermeintlich isolirten Kerne durch sehr feine Verbindungsstränge noch in Zusammenhang stehen. Dagegen glaube ich das Vorkommen von Kernverschmelzungen bei den aus der Conjugation hervorgegangenen Individuen von *P. Bursaria* und *Euplotes Charon* nahezu gewiss gemacht zu haben, weniger sicher bin ich in dieser Beziehung bei *P. Aurelia* und *putrinum*.

So mangelhaft auch die uns bis jetzt vorliegenden Thatsachen noch erscheinen, so dürfte doch wohl zu vermuthen sein, dass Kernverschmelzungen bei den Protozoën nicht zu den ungewöhnlichen Erscheinungen gehören und vielleicht eine wichtige Rolle im Leben dieser Organismen spielen.

---

*) Auf die Streitigkeiten, die sich hinsichtlich der *A. princeps* hierauf zwischen Wallich und Carter erhoben (Ann. and magaz. of nat. history 3 ser. T. 12. p. 111; 329 u. 198), gehe ich hier nicht näher ein, da durch sie kein neuer Punkt von Bedeutung zu Tage gefördert wurde.

IV. Kapitel. Allgemeine Betrachtungen und Rückblicke.

1. Abschnitt. Entwicklungsvorgänge in der befruchteten Eizelle bis zur Ausbildung der Furchungskugel erster Generation.

Ueber die allerersten Entwicklungsvorgänge der befruchteten Eizelle war bis vor kurzer Zeit relativ wenig bekannt. Als das Wichtigste darunter erschien das Verschwinden des Keimbläschens, des ursprünglichen Eikern's, wiewohl auch dieser Vorgang keineswegs allseitig verbreitet und der verschiedensten Deutung fähig zu sein schien, so dass noch im Jahre 1870 E. van Beneden in sehr eingehender Weise, jedoch ohne hinreichende Beweise, die These vertheidigen konnte: dass die Kerne der Furchungskugeln directe Descendenten des Keimbläschens seien (13).

Diejenigen Forscher aber, welche das völlige Verschwinden des Eikerns behaupteten, wichen dennoch sehr von einander ab, wenn es sich darum handelte, die Bedeutung dieses Vorgangs festzustellen. Die einen verlegten ihn vor die Befruchtung und betrachteten denselben etwa als das letzte Stadium der Reifung des Eies; die anderen hingegen sahen in dem Verschwinden des Keimbläschens eine Wirkung der Befruchtung, rechneten dasselbe daher schon zu den ersten Entwicklungsvorgängen und deuteten zum Theile mit Häckel diesen Vorgang als einen Rückschlag in das ehemalige Cytodenstadium der ersten Organismen. Jede dieser Ansichten hatte ihre besonderen, auf Beobachtungen sich stützenden Gründe für sich, eine Einigung liess sich daher schwerlich erzielen, ohne dass neue, thatsächliche Einblicke in das Wesen der stattfindenden Vorgänge gethan worden waren. Nach meinen Erfahrungen nun, die ich in mehreren Stücken durch die Beobachtungen anderer Forscher zu ergänzen im Stande bin, werden sich, wie ich glaube, wenigstens ein Theil der Widersprüche befriedigend lösen, wenn wir auch natürlich noch nicht bis zu einem völlig klaren Durchschauen aller der hier in Frage tretenden Verhältnisse durchgedrungen sind.

Ich erinnere hier zunächst an eine Beobachtung von Fr. Ratzel, der 1869 fand, dass in den zum Ablegen reifen Eiern von Tubifex das Keimbläschen sehr wesentliche Veränderungen erfahren hat (34; p. 565; Taf. XLII. Fig. 5). Er bemerkt hierüber: »Die Veränderungen des Keimbläschens erstrecken sich nur insofern auf die äussere Form, als in den Eiern, welche zur Ablage reif sind und durchschnittlich 0,4—0,5 Mm. im Durchmesser haben, es seine bisher innegehabte und durch die membranöse Hülle gegen den Dotter scharf abgegränzte Kugelform aufgiebt und zu einem länglichen Körper wird, der in seiner grössten

Axe bis 0,1 Mm. Durchmesser erreicht. Dieser Körper hat eine bedeutende Cohärenz und ist von sehr elastischer Beschaffenheit, indem er bei Ausfliessenlassen des Eiinhaltes durch Anwendung gelinden Druckes unter vollständiger Beibehaltung seiner Form und Grösse aus der Eihaut hervortritt; in Bezug auf seine Zusammensetzung zeigt er die eigenthümliche Erscheinung, dass sein mittlerer Theil im Vergleich mit den Polen kugelförmig angeschwollen ist und eine meridionale Streifung zeigt, die bei näherer Betrachtung sich als das Resultat des Vorhandenseins einer häutigen Hülle an dieser Stelle erweist. Da der übrige Theil dieses Körpers, des modificirten Keimbläschens, keine Spur von Hülle aufweist, die mediane Anschwellung aber auch in ihren Grössenverhältnissen sehr gut mit dem Keimbläschen stimmt, so möchte die ganze Bildung zu betrachten sein als entstanden durch Anlegung von Plasmamassen an zwei entgegengesetzten Polen des Keimbläschens.«

Ratzel selbst deutet also schon nur die mediane Anschwellung, die deutlich gestreift — faserig erscheint, als das metamorphosirte Keimbläschen. Was die helle Masse vorstellt, die sich demselben beiderseits angelagert hat, scheint bis jetzt nicht recht klar. Wir sehen jedoch aus dieser Beobachtung, dass schon vor der Befruchtung und Eiablage das Keimbläschen von *Tubifex* sich in die, von mir aus den Eiern von *Nephelis* näher beschriebene Kernspindel metamorphosirt. Zugleich bietet uns die Ratzel'sche Beobachtung eine sehr willkommene, fernere Bestätigung, dass diese Kernspindel wirklich das metamorphosirte Keimbläschen sei, obgleich dies auch durch meine Beobachtungen am Ei des *Cucullanus elegans*, wo sich das Keimbläschen nach der Befruchtung noch einige Zeit in seiner früheren Beschaffenheit erhält, ausreichend bewiesen worden ist. Die gleiche Umbildung erfährt das Keimbläschen auch im Ei der Schnecken. Mit dieser Metamorphose des Eikerns, welche absolut mit derjenigen übereinstimmt, welche jeder Furchungskern im Beginne seiner Theilung erfährt, bildet sich jedoch auch um jedes Ende der Keimbläschenspindel eine strahlenförmige Anordnung der Dotterkörner aus, welche sich durch einen grossen Theil des Dotters erstreckt, so dass es ganz das Aussehen erhält, als wolle derselbe sich theilen. Das Centrum einer jeden Strahlung wird auch hier durch einen hellen Hof eingenommen.

Die so getroffenen Vorbereitungen zur Theilung des Keimbläschens und, wenn man will, auch des Dotters, kommen jedoch nicht zu ihrem Ziel, indem nun das Keimbläschen rasch zur Oberfläche des Dotters geschoben wird. Bei *Nephelis* und den Schnecken tritt es mit mehr oder weniger senkrecht zur Dotteroberfläche gerichteter Längsaxe aus dieser heraus und formirt sich sogleich durch Abrundung und bei *Nephelis* sicherlich auch Quellung zu den sogenannten

Richtungsbläschen. Bei *Cucullanus* hingegen bleibt die an die Dotteroberfläche getretene Keimbläschenspindel wohl noch eine Zeit lang unverändert auf dieser liegen, um sich hierauf erst in die beiden Richtungsbläschen umzubilden. Hier geschieht diese Umbildung, umgekehrt wie bei *Nephelis*, unter beträchtlicher Abnahme des ursprünglichen Volum's. Der einmal durch Bildung der Kernspindel eingetretene Theilungsprocess des Keimbläschens schreitet aber bei den Schnecken und *Nephelis* schon innerhalb des Dotters weiter fort, so dass es bei den ersteren als ein durch einen feinen Stiel zusammenhängendes Doppelbläschen, bei *Nephelis* hingegen in einer, nach den seitherigen Erfahrungen nicht ganz verständlichen Weise in Gestalt dreier, durch kurze Verbindungsstielchen zusammenhängender Bläschen ausgestossen wird. Auch bei *Cucullanus elegans* ist mit der Bildung der Richtungsbläschen durch Umformung der Keimbläschenspindel eine Theilung verknüpft, so dass auch hier die Richtungsbläschen im frühesten Stadium ihrer Bildung ganz genau denselben Bau wie die der Schnecken besitzen, nämlich die Formation eines schon in der Theilung weit fortgeschrittenen Furchungskernes.

Durch diese Beobachtungen halte ich es für sicher erwiesen, dass die sogenannten Richtungsbläschen des Schnecken-, Nematoden- und Hirudineen-Eies das ausgestossene Keimbläschen darstellen und zwar, wie ich nochmals besonders betonen will, höchst wahrscheinlich das gesammte Keimbläschen, denn keine meiner Beobachtungen deutet darauf hin, dass irgend ein Rest desselben zurückbleibe, ausgenommen allein flüssige Bestandtheile, die während der Metamorphose zur Spindelform ausgetreten sind. Die Gründe, welche mich früher veranlassten, für einige Zeit der Ansicht zu huldigen, dass die Richtungsbläschen den ausgestossenen Keimfleck darstellten, habe ich schon im speciellen Theil hinreichend auseinandergesetzt, es waren dies zum Theil die Wahrnehmungen am lebenden Ei, welche auch schon frühere Beobachter der Richtungsbläschen zu dieser irrigen Ansicht verleitet hatten und dann meine ursprünglich falsche Auffassung der streifigen Kernspindel als umgewandelter Kernkörper.

Die Frage nach der Bedeutung der Richtungskörper hat in letzterer Zeit durch die vorzüglichen Beobachtungen von Oellacher zuerst wieder ein erhöhtes Interesse erhalten und ist daher auch mehrfach einer ziemlich eingehenden Erörterung unterzogen worden, wobei denn auch die historische Entwicklung unserer Kenntnisse von diesen Gebilden zum Theil ausführlich besprochen wurde (vergl. z. B. Flemming 27 und hinsichtlich der Mollusken namentlich Fol 35). Ich halte es daher nicht für angezeigt, nochmals eine Recapitulation aller der älteren Arbeiten über diesen Gegenstand hier zu geben, sondern beschränke mich auf einen kurzen Ueberblick.

Der Entdecker dieser Körperchen ist bekanntlich Carus,*) er fand sie 1824 bei *Limnaeus*; bei den Mollusken wurden sie hierauf weiterhin beschrieben von Dumortier, J. van Beneden und Windischmann (*Limax* u. *Aplysia*),**) Kölliker (*Doris*), Nordmann? (*Tergipes*) ***), Fr. Müller (*Pontolimax*), Quatrefages (*Teredo*), J. Reid (verschiedene Gymnobranchen), Warneck (*Limnaeus* und *Limax*), Karsch, Rathke, Lovén (bei *Crenella*, *Cardium*, *Solen*, *Patella*), Koren und Danielssen (*Buccinum* und *Purpura*), Leydig (*Paludina*,)†) Lacaze-Duthiers (*Dentalium* und *Vermetus*). Die erste Kenntniss der Richtungsbläschen der Pteropoden verdanken wir Gegenbauer (*Hyalaea gibbosa*); hinsichtlich der Heteropoden hat wohl zuerst R. Leuckart auf ihr Vorkommen bei *Firoloides* aufmerksam gemacht (vergl. 38; pag. 65, Anmerkung). Im Ei der Hirudineen fand sie wohl zuerst Frey bei *Nephelis*, später Rathke und Leuckart ebendaselbst, Robin bei *Clepsine*. Bei den Oligochaeten fanden sie Ratzel und Warschawsky, später auch Kowalewsky bei *Lumbricus*. Unter den Polychaeten beobachtete sie Quatrefages bei *Sabellaria*, Claparède und Meznikoff bei verschiedenen Gattungen.

Bei *Phascolosoma* hat sie neuerdings Selenka aufgefunden (39).

Bei den Nematoden wurden sie zuerst von Reichert entdeckt, späterhin auch von Claparède (?) und Schneider beschrieben.

---

*) Da mir die Abhandlung von Carus leider unzugänglich blieb, so berufe ich mich auf Lovén, der Carus die erste Entdeckung der Richtungsbläschen bei den Mollusken zuschreibt (vergl. Lovén, l. c. Arch. f. Anatomie u. Physiol. 1848. pag. 538).

**) Pouchet's Beobachtungen an *Limnaeus* betrafen abnorme Erscheinungen.

***) Eine sichere Beurtheilung der Beobachtungen Nordmann's an *Tergipes Edwardsii* (vergl. den Auszug von C. Vogt. Ann. d. sc. nat. III sér. T. V. pag. 109) ist vorerst nicht möglich. Ein Theil der Nordmann'schen Angaben hinsichtlich der aus dem Dotter in Mehrzahl entspringenden Bläschen erhält, wie auch schon Fol bemerkt (35; pag. 24), durch die Selenka'schen Beobachtungen an *Tergipes claviger* (Entwicklung des *T. claviger* 1° part. Niederl. Arch. f. Zool. Vol. I. pag. 1—10, 1871, siehe auch 39) eine erwünschte Aufklärung. Welcher Natur das Bläschen ist, das nach Nordmann (l. c., pag. 147) erst nach vollendeter Furchung aus dem maulbeerförmigen Dotter austritt, ist kaum zu sagen; jedenfalls ist es dem Richtungsbläschen der übrigen Mollusken nicht vergleichbar, denn ich kann mich unmöglich der Semper'schen Ansicht (44; pag. 12) anschliessen, dass das Richtungsbläschen auch wohl einmal erst nach abgelaufener Furchung austreten könne. Bezüglich dieses Bläschens findet sich bei Selenka keine Bemerkung. Dagegen sagt er (l. c. pag. 2): »Zwei oder auch ein, zuweilen auch drei Richtungsbläschen wurden fast ausnahmslos schon sehr frühe bemerkt, schon, wenn erst sechs Kugeln (Furchungskugeln) gebildet waren.« Dieselben sollen durch Abschnürung aus den ersten Furchungskugeln entstehen und echte Zellen sein. Ich kann daher die Frage nach den Richtungsbläschen von *Tergipes* nicht als gelöst betrachten.

†) Zeitschrift f. wiss. Zoologie Bd. II. pag. 128. Hier sollen die Richtungsbläschen dieselbe violette Farbe haben wie der Dotter; die Bedeutung der von Leydig gesehenen Körperchen scheint mir daher noch nicht ganz klar.

Desor (41) hat sie bei *Nemertes* gesehen. Was neuerdings G. Dieck (42)*) bei einer parasitischen *Nemertine* der Gattung *Cephalothrix* beschrieben hat, gehört sicher nicht hierher, sondern zu den abnormen Ablösungen von Furchungszellen, wie sie von Selenka (l. c.) näher beschrieben worden sind.

Bei *Cucumaria* hat Selenka (40) die Ausstossung eines Richtungsbläschens beobachtet.

Von den Coelenteraten ist hinsichtlich der Ausstossung eines Richtungsbläschens fast nichts bekannt; Kleinenberg (43; pag. 46) will jedoch bei *Hydra* vor der Befruchtung die Auspressung einiger Plasmakügelchen aus dem Dotter beobachtet haben, die er als bedeutungslos für die fernere Entwicklung der Eier betrachtet und mit den sogenannten Richtungsbläschen der übrigen Thiere identificirt. Der Umstand jedoch, dass in diesen Plasmakügelchen meist eine Pseudozelle (Dotterkorn) eingebettet ist, macht es mehr wie wahrscheinlich, dass dieselben nichts mit den eigentlichen Richtungsbläschen verwandtes haben.**)

Bei den Tunicaten ist meines Wissens bis jetzt nichts von Richtungsbläschen beobachtet worden, doch hat Semper neuerdings versucht (44), die von der Oberfläche des Dotters der Ascidieneier im Augenblick der Furchung oder schon vorher sich ablösenden sogen. Testazellen***) mit den Richtungsbläschen, namentlich denen des Schneckeneies, zu identificiren. Ein solcher Vergleich muss jedoch jetzt, wenigstens in morphologischer Hinsicht, ganz unmöglich erscheinen, wie auch Semper für den Fall, dass die Richtungskörper des Schneckeneies wirklich das Keimbläschen seien, zugesteht. Doch möchte er die Vergleichung dieser Gebilde auch dann noch nicht aufgeben und zwar wegen ihrer physiologisch gleichen Bedeutung, indem das

---

*) Dieck schreibt Joh. Müller die erste Entdeckung der Richtungsbläschen bei *Entoconcha mirabilis* zu. Müller hat jedoch bei diesem Thier gar keine Richtungsbläschen beobachtet. Die Bezeichnung „Richtungsbläschen" stammt von Fritz Müller her. (Vergl. Arch. f. Naturgesch. 1848. I. p. 1.)

**) Ganz eigenthümlich lauten die Beobachtungen eines gleichfalls sehr genauen Forschers, P. E. Müller, (117) in Bezug auf das Schicksal des Keimbläschens einer Siphonophore (*Hippopodius luteus*, C. Vogt). Hier soll das Keimbläschen schliesslich schwinden, der Keimfleck jedoch am Rande des sogenannten Mikropylhofes zurückbleiben, d. h. an der Stelle, wo die Spermatozoën wahrscheinlich zu den Eiern gelangen. Der Zutritt dieser letzteren wurde nicht direct beobachtet, man findet jedoch in der Flüssigkeit des Mikropylhofes häufig zwei bis drei amoebenähnliche Körperchen, die Müller als umgewandelte Spermatozoën deutet. Diese sollen schliesslich mit dem Keimfleck in Verbindung treten, jedoch nicht mit ihm verschmelzen und so die Befruchtung vollziehen.

Diese Schilderung steht so isolirt gegenüber allen seitherigen und auch den Ergebnissen meiner Forschungen, dass ich nicht im Stande bin, sie für oder wider die hier besprochenen Fragen zu verwerthen oder sie mit anderweitig bekannten Verhältnissen vergleichen zu können.

***) Uebrigens hält Kowalewsky in seiner neuesten Arbeit (»Ueber die Entwicklungsgeschichte der *Pyrosoma*,« Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. II. pag. 606) an seiner früheren Ansicht fest, dass die Testazellen nicht von dem Dotter, sondern vom Follikelepithel herstammten.

Wesentliche dieses Vorganges in beiden Fällen eine Defäcation, eine Befreiung der Eizelle von unbrauchbar gewordenen Stoffen sei. Bei dieser Betrachtungsweise ist jedoch nur die Thatsache des Ausstossens richtig, die Deutung der Vorgänge als eine Entfernung unbrauchbar gewordener Theile hingegen Annahme, die sich um so weniger rechtfertigen lässt, als Semper selbst nachweist, dass die sogenannten Testazellen (tropfen) sich künstlich durch Einwirkung des Seewassers auf Eierstockseier hervorrufen lassen. Der Grund ihrer Entstehung wäre also hiernach ein ganz äusserlicher, der sich mit einer für die Eizelle wichtigen Defäcation kaum vergleichen liesse. Andererseits ist jedoch auch durch nichts bewiesen, dass das Keimbläschen gewissermaassen eine Kloake zur Ablagerung des Unraths der Eizelle darstelle. Weder Aussehen, noch irgend etwas anderes spricht dafür, ebensowenig wie man die Ausstossung eines so wichtigen und wesentlichen Bestandtheiles der Zelle überhaupt dem Begriffe der Defäcation unterordnen könnte, bei dem es sich um die Ausstossung von Nahrungsresten oder Secreten, nie jedoch um die Entfernung eines wichtigen Körpertheils handelt. Auch Selenka bespricht die Ausstossung des Richtungsbläschens in ähnlichem Sinne, indem er es mehrfach den Koth der Zelle nennt. Weil der Kern der Eizelle selbst seine Rolle ausgespielt hat und durch einen neuen ersetzt wird, kann man ihn doch unmöglich als Koth der Zelle bezeichnen. Auch Fol spricht sich neuerdings in ganz ähnlicher Weise aus (35; pag. 27), er sagt: »Il peut d'être important pour le vitellus de se débarasser de certaines matières devenues superflues; et la sortie de ces matières peut avoir lieu en un point déterminé et constant, sans que nous soyons obligés d'y voir d'autre chose, qu'une simple excrétion.«

Gar keine Kenntniss haben wir von dem Vorkommen der Richtungsbläschen bei Räderthieren und Arthropoden;*) hinsichtlich letzterer gibt jedoch Dieck (l. c. pag. 512) an, dieselben bei *Maja* und *Carcinus* gesehen zu haben, ich kann aber dieser Angabe aus den oben besprochenen Gründen kein völliges Vertrauen schenken.

Bei den Wirbelthieren hingegen sind sie jedenfalls sehr verbreitet, oder vielmehr ganz allgemein, da hier ohne Zweifel ein fundamentaler Vorgang vorliegt.

Die ersten sicheren Beobachtungen hierüber rühren von Bischoff her, der sie beim Hund, Meerschweinchen, Kaninchen und Reh auffand; in neuerer Zeit hat sie E. v. Beneden

*) Dass die sogen. Polzellen des Insecteneies gar nichts mit den Richtungsbläschen zu thun haben, erwähne ich hier nur desshalb, weil Flemming (27) dieses noch für eine offene Frage hält. Meznikoff's Beobachtung, dass dieselben in den Embryo aufgenommen und zur Bildung der Geschlechtsorgane verwendet werden, halte ich für völlig richtig.

auch bei *Vespertilio* nachgewiesen.*) Bei den Fischen hat Oellacher sie uns von der Forelle kennen gelehrt und für das Hühnchen ihr Auftreten wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht.

Schon früher jedoch, im Jahre 1864, wurde das Austreten eines oder zweier Richtungsbläschen aus dem befruchteten Dotter von *Petromyzon Planeri* und *fluviatilis* von A. Müller (113) ziemlich eingehend beschrieben und in directe Parallele gebracht mit dem Hervortreten entsprechender Gebilde aus dem Dotter der Wirbellosen und der Säugethiere. Direct unterhalb der Stelle der Dotteroberfläche, aus welcher diese Richtungsbläschen hervortreten, liegt im befruchtungsfähigen Ei das Keimbläschen. Eine bestimmte Ansicht über die Bedeutung der ausgestossenen Tröpfchen oder Bläschen äussert Müller nicht; er hat folgende Deutung für die von ihm beobachteten Vorgänge. Nach der Befruchtung tritt das Keimbläschen durch die Oeffnung eines eigenthümlichen Gebildes, das ihm wie ein Deckel aufsitzt und in die Dotteroberfläche hineinragt, hinaus auf die Dotteroberfläche in Gestalt eines Cylinders, von dem sich nun ein oder auch zwei Richtungsbläschen abschnüren; später sinkt es zurück und tritt durch die Oeffnung des Deckels wieder in den Dotter ein, um zum Kern der ersten Furchungskugel zu werden (Ist diese Oeffnung des sogenannten Deckels vielleicht dasselbe wie das sogenannte Dotterloch des Amphibieneies?).

Hinsichtlich ihres Auftretens bei den Amphibien scheinen mir die älteren Beobachtungen von Bär**) und die späteren von M. Schultze und Bambeke doch nicht einen so hohen Grad von Sicherheit zu gewähren, dass sich hierauf bestimmte Schlüsse auf-

---

*) Die Richtungsbläschen eines Wirbelthiereies wurden zuerst von M. Barry 1840 bei dem Kaninchen beobachtet, ohne dass er jedoch bezüglich ihrer Entstehung zu einer richtigen Vorstellung gelangt wäre. Seine Erklärung der Entstehung dieser Körperchen steht im innigsten Zusammenhang mit seinen wunderlichen, für die jetzige Generation kaum mehr recht verständlichen Vorstellungen von den Entwicklungsvorgängen im Dotter, auf die näher einzugehen hier zu weit führen würde (vergl. M. Barry: Researches in Embryology. Third series. Philosoph. Transact. of the Roy. soc. of London. 1840. p. 529. T. XXIV. Figg. 185—187, 193 etc.).

Bischoff will die Richtungsbläschen auch beim Schaaf und Schwein beobachtet haben (114); der besonderen Umstände halber, unter welchen diese Beobachtungen angestellt wurden, werde ich erst weiter unten auf dieselben näher eingehen. In den Leçons sur la physiologie T. VIII. pag. 396 gibt Milne-Edwards an, dass Vogt die Richtungsbläschen bei der Forelle beobachtet habe, er citirt Embryologie des Poissons. Wahrscheinlich ist hier die Embryologie des Salmones gemeint, worin sich jedoch nichts von einer derartigen Beobachtung findet. An gleicher Stelle findet sich auch die Angabe, dass Coste das Richtungsbläschen von *Gasterosteus* wahrgenommen habe; das betreffende Werk »Développement des êtres organisés« ist mir leider nicht zugänglich.

**) Vergl. C. E. von Bär „Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere". 2. Theil p. 27, p. 27, p. 158, p. 292; ferner die Schrift Bär's „Die Metamorphose der Eier der Batrachier vor dem Erscheinen des Embryo und Folgerungen aus ihr für die Theorie der Erzeugung" in Arch. f. Anatomie u. Physiologie 1834. p. 481.

bauen liessen. So sehr ich auch mit der Oellacher'schen Beobachtung (45) über den Austritt des Eikernes aus dem Ei harmonire, so bleibt doch ein Punkt, in welchem ich mit ihm nicht ganz übereinstimme und der mir auch aus seinen Beobachtungen nicht zu folgen scheint. Ich meine nämlich die Angabe, dass das Keimbläschen des Forelleneies schon vor der Befruchtung austrete. Unter den Abbildungen Oellacher's findet sich nur ein Durchschnitt durch ein unbefruchtetes Ei (Fig. 5) und dieser zeigt das Keimbläschen zwar dicht unter der Oberfläche des Keimes, jedoch noch völlig in ihm eingeschlossen. Ich muss dies letztere um so mehr annehmen, als ich mich der Oellacher'schen Ansicht bezüglich der dicken, radiärgestreiften Membran des Keimbläschens, die von Porenkanälen durchsetzt sein soll, nicht anschliessen kann. Nach der Oellacher'schen Auffassung soll sich diese Membran in der Fig. 5 schon da, wo sie in der Oberfläche des Dotters liegt, geöffnet haben und sich bei weiterem Heraustreten des Keimbläschens auf der Dotteroberfläche ausbreiten. Hinsichtlich der Bedeutung dieser Membran erweckt Oellacher schon selbst Zweifel, indem er pag. 15 darauf aufmerksam macht, dass wegen ihrer innigen Vereinigung mit dem Keim fast die Vermuthung entstehen könne, dass sie ein Product des letzteren sei und das Keimbläschen durch sie nur abgekapselt werde. Dies ist nun auch meine Ansicht, diese Membran ist nur eine homogenere, radiärstreifige Partie des eigentlichen Bildungsdotters, die das Keimbläschen umschliesst. Ich werde in dieser Ansicht noch mehr bestärkt durch das Vorkommen ähnlicher Umhüllungen des Keimbläschens in den Eiern anderer Wirbelthiere; so beschreibt Eimer um das Keimbläschen des Ringelnattereies auf gewissen Stadien eine dicke, helle Hülle, die schön radiär gestreift erschien, doch liessen sich diese Streifen bis in den umgebenden Dotter verfolgen. Die hierzu gehörige Abbildung (46; Taf. XI. Fig. 3) zeigt, dass sich keine scharfe Grenze zwischen dieser Hülle und dem Dotter finde. Die Streifung glaubt auch Eimer auf Porenkanäle zurückführen zu dürfen; ich möchte es hingegen für wahrscheinlicher halten, dass es sich hier nur um die uns bekannte, radiäre Anordnung feinster Dotterkörnchen handelt. In älteren Eiern war diese radiär gestreifte Hülle wieder geschwunden und nur eine einfache Haut um das Keimbläschen zu sehen. Eine strahlige Beschaffenheit des Dotters scheint in Wirbelthiereiern noch häufiger vorzukommen; so entnehme ich Eimer (l. c. pag. 427—28), dass schon Reichert einen radiärröhrigen Bau des Nahrungsdotters im Hechtei beschrieb, Pflüger eine solche im inneren Dotter des Katzeneies beobachtete.*) Da nun nach meiner Ansicht die streifige Keimbläschenmembran des Forelleneies ein Dotterbestandtheil ist, so kann ich auch nicht zugeben,

*) Vergl. auch die radiären Protoplasmastränge, die A. Schultz im Eierstocksei von *Raja oculata* beschreibt. Zur Entwicklungsgeschichte des Salachiereies. Arch. f. mikrosk. Anat. 1875. Bd. 11. pag. 569.

dass auf dem Stadium der obenerwähnten Oellacher'schen Fig. 5 das Keimbläschen schon im Begriff ist aus dem Dotter auszutreten, sondern es liegt nur dicht unter dessen Oberfläche. Die übrigen von Oellacher untersuchten Eier, bei welchen man das Keimbläschen schon deutlich aus dem Dotter herausgetreten findet, sind sämmtlich befruchtet gewesen.

Auch aus den Beobachtungen Oellacher's am Hühnerei (l. c. pag. 17 und Stricker's Laboratoriumshefte 1870*) scheint mir nicht zu folgen, dass das Keimbläschen schon vor der Befruchtung völlig aus dem Dotter eliminirt wird, sondern es tritt nur an dessen Oberfläche, bleibt jedoch noch in den Keim selbst eingesenkt.

Aus den Beobachtungen von Bischoff und van Beneden geht nicht hervor, dass die Ausstossung der Richtungsbläschen bei den Säugethieren vor der Befruchtung stattfindet, sondern man könnte aus Bischoff's Beobachtungen am Hundeei den umgekehrten Schluss ziehen. Taf. I. Fig. 10 (47) bildet er ein Ei ab, welches einen halben Zoll von dem Uterusende im Eileiter gefunden wurde; dasselbe ist jedenfalls befruchtet, da es auf seiner Zona von Spermatozoën wimmelt; dennoch ist der Dotter sehr wenig contrahirt und von Richtungsbläschen nichts sichtbar. Ebensowenig an den Eiern Figg. 7 u. 8 ganz aus dem Anfang des Eileiters. Das in Fig. 5 abgebildete Eierstocksei einer brünstigen Hündin zeigte an einer Stelle eine sehr regelmässige, concave Einsenkung des dunkelen Dotters und aus dieser schaut zur Hälfte das Keimbläschen hervor; dies Ei wäre nun ein überzeugender Beweis für den Austritt des Keimbläschens vor der Befruchtung, wenn die Deutung, die Bischoff dem gesehenen Bild gibt, eine richtige wäre. Dies, glaube ich, ist jedoch nicht der Fall; die concave Einsenkung des Dotters scheint mir sehr verdächtig, ich glaube vielmehr, dass dieselbe sich durch die Ansammlung von hellem Protoplasma an der Stelle, wo das Keimbläschen der Dotteroberfläche zunächst liegt, erklärt, eine Erscheinung wie sie im Ei der Schnecken und gewisser Würmer gleichfalls früher oder später eintritt.

Diese Frage nach dem Austritt des Keimbläschens vor oder nach der Befruchtung ist jedenfalls der Mühe werth, näher erörtert zu werden, denn es stimmen alle vertrauenswürdigen Untersuchungen an wirbellosen Thieren darin überein, dass die Ausstossung erst nach der Befruchtung stattfindet (der Fall bei *Hydra* ist schon oben näher besprochen worden, wobei sich zeigte, dass es sich hier sehr wahrscheinlich gar nicht um Richtungsbläschen handelt). Eine sichere Beantwortung dieser Frage jedoch im Allgemeinen zu versuchen, ist natürlich heutzutage noch nicht möglich, nur lässt sich mit Bestimmtheit behaupten, dass die Ausstossung vor der

---

*) War mir nicht zugänglich.

Befruchtung gewiss nicht die Regel ist, wie Oellacher und späterhin auch Flemming (27; pag. 35) anzunehmen geneigt sind.*)

Für eine Reihe von Eiern verschiedener Thiere ist jedoch auch das Verschwinden des Keimbläschens vor der Befruchtung, sogar schon im Eierstock, angegeben worden. So hat z. B. neuerdings Meznikoff (48; pag. 65) die Abwesenheit eines Keimbläschens in dem reifen Ei der Siphonophoren mit sehr grosser Bestimmtheit gegenüber Häckel und Gegenbauer hervorgehoben und dieser Umstand war für ihn sogar ein sicheres Zeichen des Gelingens der künstlichen Befruchtung. Für die Eier von *Bombinator igneus* beschreibt Götte (49) das Zugrundegehen des Keimbläschens innerhalb des reifen, unbefruchteten Eies, für die Reptilien Eimer (46), bei einigen Fischen Ransom.**) Diese Beobachtungen sind jedoch nach unseren jetzigen Erfahrungen mit einem ziemlichen Grad von Misstrauen aufzufassen. Wir haben gesehen, dass die Metamorphose des Keimbläschens zu der Kernspindel schon vor der Befruchtung im reifen Ei anheben kann und wissen, mit wie grosser Schwierigkeit die Wahrnehmung des spindelförmigen Zustandes des Kernes zuweilen verknüpft ist, was ja am besten daraus erhellt, dass bis auf Strasburger's und meine Untersuchungen nur ganz vereinzelte Andeutungen dieses Zustandes gesehen worden sind. Für die Theilung der Furchungskugeln lautete der übereinstimmende Ausspruch vieler Forscher an nicht ganz günstigen Objecten meist so: der Kern streckt sich in die Länge, wird undeutlicher und entzieht sich schliesslich den Blicken ganz, d. h. er ist jetzt in den spindelförmigen Zustand übergegangen. Ich kann also vorerst auch die Beobachtungen über das angeblich völlige Schwinden des Keimbläschens innerhalb des Dotters vor der Befruchtung nicht für sicher halten, da sie ohne Kenntniss des eigenthümlichen Zustandes, in welchen das Keimbläschen übergeht, angestellt worden sind und sich dieser zarte Körper bei schwierigen Objecten sehr leicht übersehen lassen muss.

Dass bei den Arthropoden mit Sicherheit noch gar nichts von Richtungsbläschen bekannt ist, mag vielleicht mit der Schwierigkeit, welche die verhältnissmässig grossen Eier dieser Thiere der Untersuchung entgegenstellen, zusammenhängen. Treten sie nicht gerade am Rande hervor, sondern in der Fläche, so ist an eine Wahrnehmung derselben kaum zu denken. Genauere Aufschlüsse hierüber können wohl nur mittels der Schnittmethode erlangt werden.

Von den radiären Dotterstrahlungen um die Enden des spindelförmig metamorphosirten

*) Eine andere Frage ist es natürlich, ob die Austreibung von Richtungsbläschen sich nicht mit der Zeit wie andere Entwicklungserscheinungen auch beim unbefruchteten Ei einstellen können. Weiter unten soll diese Frage näher erörtert werden.

**) Observations on the ovum of osseous fishes. Transact. of philos. soc. 1867. p. 431.

Keimbläschens hat meines Wissens bis jetzt nur Fol (35)*) bei den Eiern der Pteropoden einiges gesehen. Die Keimbläschenspindel selbst ist ihm entgangen, wesshalb er auch über die Natur der Richtungsbläschen nicht ins Klare kam. Sehr richtig hingegen ist seine Beobachtung, dass die Richtungsbläschen aus dem Centrum der oberflächlichen Dotterstrahlung hervortreten und wir dürfen hiernach mit Gewissheit annehmen, dass auch bei den Pteropoden der Vorgang der Keimbläschenausstossung in ganz ähnlicher Weise verläuft, wie bei den von mir untersuchten Schnecken.

Es sei mir gestattet, noch für einen Augenblick die mannigfachen Deutungen zu betrachten, welche die sogenannten Richtungsbläschen oder *Globules polaires* (J. v. Beneden) im Laufe der Zeiten erfahren haben. In dieser Beziehung gehören sie jedenfalls zu den interessantesten Objecten auf dem Gebiet der Entwicklungsgeschichte. Die älteren Forscher bis zu Lovén (1848) und noch Koren und Danielssen (1851) schwankten zwischen Keimbläschen und Keimfleck, sie befanden sich daher doch der Wahrheit sehr nahe, wenn auch keine Sicherheit erreicht worden war. Da trat 1848 Rathke**) auf und erklärte die fraglichen Körperchen für ganz bedeutungslose Tröpfchen *Liquor vitelli*, welche bei der Contraction des Dotters ausgestossen wurden. Diese Rathke'sche Ansicht, welche bei näherer Ueberlegung, namentlich wegen der Constanz ihres Auftretens und ebenso ihrer Austrittsstelle (hauptsächlich von Fr. Müller l. c. betont), doch wohl etwas zweifelhaft hätte erscheinen dürfen, errang sich nun für die nächsten 25 Jahre fast allgemeine Geltung, bis 1872 zuerst wieder Oellacher von ihr zurückkam. In der Zwischenzeit hatte sich hauptsächlich Robin (19) eingehender mit den fraglichen Gebilden bei Schnecken und Hirudineen beschäftigt. Das Resultat seiner Untersuchungen bezeichnet er selbst mit folgenden Worten: »En résumé, c'est par la mode d'individualisation des éléments anatomiques, appelée *gemmation* et s'opérant à l'aide et aux dépens de la substance hyaline du vitellus, que naissent les globules polaires«. Er geht soweit, dass er die Entstehung der Blastodermzellen des Insecteneies der Bildung der Richtungskörper an die Seite stellt (22).

Seit dem Erscheinen von Oellacher's Arbeit haben sich verschiedene Beobachter in ähnlichem Sinne ausgesprochen, jedoch scheint mir ein sicherer Beweis nicht geliefert worden zu sein. So sagt 1873 Ray Lankester von *Aplysia* (51; p. 85) »The germinal vessicle escapes previously to yelk-cleavage as the Richtungsbläschen.« Flemming (52) bemerkt 1874 über die Richtungskörperchen von *Anodonta*, dass die Annahme wohl am nächsten läge, dass das Eliminirte hier, bei den Mollusken, ein Umwandlungsproduct des Kerninhalts und des

*) Doch beschreibt schon Meissner (i. J. 1856) eine strahlige Gruppirung der Dotterkörnchen um ein helles, isolirbares Centrum in den reifen Eiern von *Echinus esculentus* nach Schwinden des Keimbläschens (118).

**) Zur Kenntniss des Furchungsprocesses im Schneckenei. Arch. f. Naturgesch. 1848. pag. 157.

Kernkörpers sei. Als beweisend führt er namentlich die starke Tinctionsfähigkeit der Körper an. Bei derselben Gattung kam von Ihering (53) zu dem Resultat, dass die Richtungskörperchen von dem Keimbläschen abzuleiten seien. Schenk hat Mittheilungen über die ersten Entwicklungsvorgänge von *Serpula uncinata* Grube gegeben (54). Er findet (nach dem Bericht von Nitsche 1874; p. 367), dass die ersten Entwicklungsvorgänge in einem Zackigwerden des Keimbläschens bestehen, letzteres rückt hierauf an die Peripherie des Eies vor, darauf findet die Elimination des Keimbläschens und das Austreten des Keimflecks statt, welch letzterer alsdann zwischen Dotterhaut und Dotter liegt und schliesslich ganz schwindet.

Fol's Ansicht in Betreff der Richtungsbläschen des Pteropodeneies wurde schon oben erwähnt.

Ich komme nun zur Betrachtung der Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel. Die Neubildung dieses Kernes war bis vor kurzer Zeit so wenig bekannt, dass noch 1870 E. van Beneden (13; p. 244) bezüglich desselben bemerken konnte: »ce noyau *apparait tout a coup* avec les dimensions que présentait la vessicule germinative«, und diese vermeintliche Thatsache als einen Beweis gegen die Neubildung dieses Kernes aufstellte. Wie wir gesehen haben, ist es jedoch in allen Fällen Regel, dass die neuen Kerne der ersten Furchungskugel aus ganz minutiösen, eben noch bemerkbaren Anfängen hervorwachsen.

Soweit wir es zu ermitteln vermochten, steht die Neubildung der Kerne immer mit einem sehr hellen, nahezu homogen erscheinenden Protoplasma in Zusammenhang, welches sich unterhalb der Austrittsstelle der Richtungsbläschen an der Oberfläche des Dotters anhäuft (vergl. *Limnaeus*, *Succinea*, *Cucullanus* und wahrscheinlich auch *Phallusia* nach Strasburger's schönen Untersuchungen [55]) oder aber dieses Protoplasma ist weit entfernt von der Austrittsstelle der Richtungsbläschen, so bei *Nephelis* und scheint sich auch in diesem Fall nicht ursprünglich auf der Oberfläche des Dotters zu sammeln, sondern im körnigen Dotter selbst. In gewissen Fällen ist es auch über die Oberfläche des Dotters auf weitere Strecke hin verbreitet (vergl. die kleinen freilebenden Nematoden, sowie *Cucullanus*).

Dieses Protoplasma bildet, wie namentlich bei den Schnecken, *Nephelis* und *Phallusia* sehr deutlich zu beobachten ist, das Centrum einer Dotterstrahlung, die je nach der Lage desselben sich einseitig oder allseitiger durch den Dotter erstreckt. Innerhalb dieses Protoplasmas bilden sich nun die neuen Kerne, je nach der Lagerung desselben, entweder an sehr verschiedenen Stellen der Dotteroberfläche (kleine Nematoden und auch *Cucullanus*) oder dicht beieinander (*Limnaeus*, wahrscheinlich auch *Succinea*, sowie *Phallusia* nach Strasburger [55], *Cucumaria* nach Selenka [40] und die Pteropoden nach Fol [35]). Bei *Nephelis*

zeigten sich die ersten Kerne in grösserer Entfernung von einander und nur der eine von ihnen stand mit dem centralen, homogenen Protoplasma (Keimhof Selenka's) in Verbindung.

Diese kleinen neuentstandenen Kerne besitzen, wie dies oben in allen Fällen schon näher auseinander gesetzt wurde, genau den Bau des durch ihre Vereinigung hervorgehenden Kernes der ersten Furchungskugel. Ich kann daher keinen Grund einsehen, denselben, da sie auch nach den Beobachtungen am Ei der kleinen Nematoden sicherlich in keiner Verbindung mit einander stehen, die Bezeichnung Kerne zu versagen. Ich habe sie schon, als ich sie zuerst bei *Rhabditis dolichura* beobachtete, Kerne genannt und Auerbach hat sich dem völlig angeschlossen. Da sie durch ihre spätere Vereinigung den Kern der ersten Furchungskugel erzeugen, so mag man sie als die primären, diesen als den secundären bezeichnen, sie jedoch mit Selenka [40] als Kernkeime zu betrachten, halte ich nicht für gerechtfertigt, da ein Keim sich von dem aus ihm hervorgehenden Product wesentlich unterscheiden muss, diese jungen Kerne jedoch nur durch ihre Grösse von dem späteren einfachen Kern differiren. Ich kann daher auch Strasburger nicht zustimmen, wenn er sagt: »Wichtig ist die Beobachtung von Bütschli, dass ihre Zahl Schwankungen unterworfen sein kann, dadurch geben sie sich eben zunächst nur als Material zur Bildung des Kernes und nicht als eben so viele selbstständige Kerne zu erkennen.« Einmal sehe ich die Logik dieses Schlusses nicht ein und dann kann ich, wie gesagt, einen Unterschied nicht machen, wo eben ein solcher nicht vorhanden ist. Dass die Bestimmung dieser jungen Kerne eine andere ist, wie die vieler anderer Kerne, nämlich die, mit einander zu verschmelzen, darf uns allein nicht bestimmen, sie als etwas ganz besonderes zu betrachten. Hätte sie ein Histiologe in der Eizelle gesehen und ihre Bestimmung nicht gekannt, so würde er, ohne einen Augenblick zu zögern, sie für ebensoviel echte Kerne erklärt haben. Letzterer Fall hat sich nun auch oft genug ereignet. Wir wissen, dass schon Schneider die Mehrkernigkeit der ersten Furchungskugel mehrerer Nematodeneier erkannte und er hatte keinen Zweifel darüber, dass hier wirkliche Kerne vorlagen. Dann aber erklären sich jetzt eine Reihe älterer Beobachtungen über das Vorkommen mehrerer Kerne in der ersten Furchungskugel, die früherhin im verschiedensten Sinne, jedoch immer falsch verwerthet wurden.

Es machte einstmals viel Aufsehen, dass Joh. Müller, auf Grund seiner Beobachtungen an *Entoconcha mirabilis,* das Nichtverschwinden des Keimbläschens und dessen directe Theilung behauptete. Müller sah zwei, ja einmal auch sogar drei Kerne in der ersten Furchungskugel dicht nebeneinander (56; Taf. V. Figg. 6 und 7). Zwei dieser letzteren lagen so dicht zusammen, dass er sie als einen Theilungszustand auffasste. Da wir aber jetzt wissen, wie und

wann sich der Kern der ersten Furchungskugel wirklich theilt, so ergibt sich hieraus mit Sicherheit die Erklärung für die Müller'schen Beobachtungen. Er sah nicht das getheilte Keimbläschen, sondern die neuentstandenen und zur Verschmelzung bestimmten Kerne; der vermeintliche Theilungszustand Fig. 7 ist ein solcher Verschmelzungsvorgang.

In gleicher Weise erklären sich ohne Zweifel auch die Angaben Gegenbauer's, dass bei Pteropoden (wohl hauptsächlich *Cleodora pyramidata*) das befruchtete Ei eine halbe Stunde nach dem Legen meist zwei Keimbläschen zeige, die er als die Theilsprösslinge des ursprünglichen auffasst. Dass unsere Erklärung dieser Erscheinung grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat, geht wohl schon daraus hervor, dass der eigentliche Furchungsprocess erst acht bis zehn Stunden nach dem Eierlegen beginnt. Bei Heteropoden (*Pterotrachea*) soll sich das Keimbläschen gleichfalls theilen, zuweilen sogar zu vier Kernen; letztere Beobachtung, zusammengehalten mit dem Vorkommen der Richtungsbläschen bei diesen Eiern, macht es fast gewiss, dass es sich auch hier nur um neugebildete, zur Verschmelzung bestimmte Kerne, jedoch nicht um Theilsprösslinge des Keimbläschens handelte (vergl. 37; p. 30 und 180).

Keferstein's*) Beobachtung, dass bei gewissen Turbellarien (*Leptoplana tremellaris*) das Keimbläschen sich theile, wird sich wahrscheinlich in ähnlicher Weise erklären, da wir durch Schneider wissen, dass bei der Furchung der Turbellarieneier der Kern ganz entsprechende Umbildungen erfährt, wie bei den von uns beschriebenen Eiern (58).

Dass die Beobachtungen E. van Beneden's (13) über die Theilung des Keimbläschens von *Distomum cygnoides* nicht zuverlässig sind, wissen wir gleichfalls durch Schneider's Untersuchungen, der auch bei diesem Trematoden Bilder gesehen hat (l. c. Taf. V. Fig. 7), welche es beweisen, dass hier die Kerne sich in der Weise theilen, welche wir allgemein fanden. Desshalb erklären sich die van Beneden'schen Bilder wohl gleichfalls durch Bildung mehrerer neuer Kerne und deren Verschmelzen, woraus es dann wieder sehr wahrscheinlich würde, dass auch hier eine Elimination des Keimbläschens vorausgehen muss.

Auch bei den Säugethieren halte ich diesen Neubildungsprocess der Kerne für erwiesen, er folgt nämlich ganz sicher aus den beiden Abbildungen Taf. XII. Figg. 1 und 4 bei van Beneden (13). Hier zeigt der Dotter noch nicht die geringsten Anzeichen von Theilung, die Richtungskörperchen sind ausgeschieden und im Centrum des Dotters liegen zwei gleich grosse, helle Kerne dicht bei einander. Da nun hier der Modus der Kerntheilung gewiss

---

*) Die hier erwähnten Beobachtungen Keferstein's waren mir leider nicht direct zugänglich; ich kenne sie hauptsächlich aus v. Beneden's Arbeit (13).

derselbe ist, wie er in so übereinstimmender Weise bei Pflanzen und Thieren nachgewiesen wurde, so ergibt sich für diese beiden Kerne nur die Bedeutung neugebildeter und zur Verschmelzung bestimmter. *) Dass übrigens hier der eigentliche Theilungsvorgang der Kerne sich in gleicher Weise wie anderwärts vollzieht, folgt aus der Abbildung Taf. XII. Fig. 6 bei van Beneden, welche jedenfalls das letzte Stadium der ersten Theilung darstellt und wo in beiden Furchungskugeln von Kernen noch gar nichts zu sehen gewesen ist, wie dies unsere Voraussetzung auch erforderte.

Jedenfalls geht jedoch aus den obigen Betrachtungen hervor, dass der beschriebene Process der Kernneubildung der ersten Furchungskugel ein in der Thierwelt sehr verbreiteter, möglicherweise an befruchteten Eiern ganz allgemeiner ist.

Strasburger hat bei *Phallusia mamillata* den Kernhof, das helle Protoplasma, in welchem die jungen Kernchen entstehen, für den eigentlichen Kern gehalten, die jungen Kerne selbst jedoch für Vacuolen innerhalb des vermeintlichen Kernes erklärt, die schliesslich den letzteren ganz ausfüllten. Dieser Kernhof aber, der ohne bestimmte Gränzen in das umgebende Protoplasma übergeht, kann unmöglich als Kern betrachtet werden.

2. Abschnitt. Die Kern- und Zellentheilung.

Es ist jedenfalls überraschend, dass zu gleicher Zeit sowohl bei Pflanzen als Thieren ein Modus der Kern- und Zellentheilung gefunden wurde, der sich principiell als völlig übereinstimmend erwies, nachdem so lange Zeit eine fundamentale Verschiedenheit, hinsichtlich der Kernvermehrung, in beiden organischen Reichen als die Regel betrachtet worden war.

Die gewöhnliche Vorstellung von der Vermehrung der Kerne thierischer Zellen war die einfacher Theilung durch Zerfall in zwei Hälften, nachdem meist eine Vermehrung der Kernkörperchen vorausgegangen sein sollte, der man, wenn man es auch nicht direct aussprach, wohl einen Einfluss auf die Theilung des Zellkernes zuschrieb, wie seinerseits dieser wieder die

---

*) Neuerdings hat Weil die Beobachtung E. van Beneden's von dem Vorhandensein zweier Kerne im Dotter des Kanincheneies vor Beginn der Furchung bestätigt. (C. Weil, Ueber die Befruchtung und Entwicklung des Kanincheneies. Wiener medicin. Jahrbücher 1873. Nach dem Bericht von W. Müller im Jahresberichte über d. Fortschr. d. Anat. u. Phys. von Hoffmann u. Schwalbe. Bd. III. pag. 441).

Späterer Zusatz: Seit ich das Obige niederschrieb, sind die von mir ausgesprochenen Vermuthungen bezüglich des Kanincheneies durch die erneuten Untersuchungen E. van Beneden's völlig bestätigt worden (Vergl. Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique, 2me sér., t. XL, n°. 12; 1875).

Theilung der Zelle selbst beeinflussen sollte. Entweder sollte der Kern durch Einschnürung in seiner Aequatorialzone schliesslich in zwei Hälften zerfallen, oder durch Ausbildung einer mittleren Scheidewand, in der später eine Spaltung eintrete, in zwei Hälften auseinandergehen. Andererseits wurde jedoch noch von mehreren Seiten eine simultane und vielfache Vermehrung eines einzigen Kernes durch einen Knospungs- oder Sprossungsprocess, als eine zweite Art der Kernfortpflanzung beschrieben. Schliesslich gesellte sich dazu die, zuerst von Reichert 1846 (9) ausgesprochene, jedoch hauptsächlich erst in neuerer Zeit, beeinflusst durch die Erfahrungen auf botanischem Gebiet, mehr zur Geltung gekommene dritte Ansicht, welche besagte, dass die Vermehrung des Kernes wenigstens in vielen Fällen durch den völligen Untergang des alten und die Neubildung junger Kerne sich vollziehe. Diese Art der Kernvermehrung hat denn neuerdings Auerbach die palingenetische getauft.

Ob sich die Theilung eines Kernes in der früher geschilderten Weise durch einfachen Zerfall wirklich findet, scheint jetzt sehr zweifelhaft. Immerhin existirt ohne Zweifel ein Modus der Kerntheilung, der von dem in dieser Abhandlung hauptsächlich geschilderten sehr abweicht, oder sich doch nur durch die Annahme sehr wesentlicher Modificationen auf diesen zurückführen lässt. Dieser Modus war es jedenfalls, der zu der so verbreiteten Ansicht von der einfachen Theilung der Kerne die Grundlage gab. Ich muss dies um so mehr glauben, da sich ein so genauer Beobachter, wie Auerbach, neuerdings sehr bestimmt für diesen Vorgang ausgesprochen hat. Er sagt (17; pag. 179): »Unter den Vermehrungsarten der Kerne tritt zunächst eine echte, unantastbare Selbsttheilung in den Vordergrund, ein Vorgang, welchem ich nicht nur Realität, sondern für die thierischen Organismen eine hervorragende Rolle zuerkennen muss.« Dass er sich hierbei auf eigene Untersuchungen stützt, geht aus den Schlussworten seiner Abhandlung hervor, wo er Beiträge zur Kenntniss dieses Processes in nahe Aussicht stellt.

Ich selbst habe mich bis jetzt mit der hier in Frage stehenden Vermehrungsweise der Kerne nur wenig beschäftigen können, doch muss ich nach den Studien, die Strasburger und ich neuerdings an Knorpelzellen machten, den Schluss ziehen, dass hier ein Modus der Kerntheilung vorliege, der sich bis jetzt nicht mit dem von uns beiden beschriebenen, in directen Zusammenhang bringen lässt. Ich habe an den Knorpeln des Schultergürtels kleiner Tritonen zwar auch Bilder gesehen, welche einen gewissen Anschluss an die beschriebenen, typischen Vorgänge der Kerntheilung gestatten, ohne jedoch zu einem sicheren Entscheid zu gelangen. Auch die von mir oben beschriebene, sehr wahrscheinliche Vermehrungsweise der Kerne der weissen Blutkörperchen von *Rana* und *Triton*, lässt sich nur als eine sehr starke Modi-

fication des typischen Vorganges betrachten, ebenso haben wir eine solche in den Theilungsvorgängen der secundären Nuclei der Infusorien vor uns und zwar hier eine sicher constatirte.

Der Process der Kernvermehrung, welchen ich mit Strasburger als den ursprünglichen und typischen auffasse, womit ja auch im Einklang steht, dass er in der embryonalen Zelle der gewöhnliche ist, wurde seither bei thierischen Zellen nur bruchstückweise erkannt und da, wo er vollständiger beobachtet wurde, wie bei den Infusorien, seiner Bedeutung nach gänzlich verkannt, da ja ein Vergleich mit entsprechenden Vorgängen echter Zellen ganz unmöglich war.

Was hinsichtlich dieses Vorganges seither beobachtet worden war, beschränkte sich im wesentlichen auf die mannigfaltigen Wahrnehmungen, welche sich bei der Dotterfurchung verschiedener Thiere hatten machen lassen. Es waren hier namentlich die Strahlungserscheinungen in dem Dotter während der Furchung, welche zunächst die Aufmerksamkeit der Beobachter in Anspruch nahmen. Oben wurde erwähnt, dass Grube ohne Zweifel schon Andeutungen der strahligen Figuren in den Dotterkugeln von *Clepsine* wahrgenommen hatte. Mit Bestimmtheit beschreibt sie Derbès aus dem Ei des *Psammechinus esculentus* und gibt auch recht kenntliche Abbildungen dieses Phänomen's (112; pag. 90, Pl. V, Figg. 4 u. 6); später (1856) wurde dann dieselbe Erscheinung von Meissner bei dem gleichen Object wieder beobachtet und in ihrem Zusammenhang mit der Theilung des Furchungskernes (helles Centrum des Dotters) etwas näher ergründet (vergl. 118). Bei *Sagitta* bemerkte Gegenbauer*) die strahlenförmige Anordnung der Dotterkörnchen um die Kerne der ersten Furchungskugeln einige Zeit nach geschehener Theilung.

Leuckart (11; p. 90) bemerkte, dass in den Eiern der Nematoden die Dotterkörnchen eine strahlige Gruppirung um die Enden der in Theilung begriffenen Kerne eingehen. Sehr frühe wurden solche strahlige Gruppirung der Plasmakörnchen um die Kerne auch in den Keimzellen der Nematodenspermatozoën wahrgenommen, wovon viele Abbildungen bei Claparède und Munk (7, 16) Zeugniss geben. Kowalewsky und Kupffer haben diese Bildungen in den Eiern der Ascidien gesehen, ohne jedoch näher auf sie einzugehen. Bei Nematoden habe ich später wieder auf dieselben aufmerksam gemacht (14) und ihr Auftreten und Verschwinden, sowie ihr Verhältniss zu dem in Theilung begriffenen Kern genauer ermittelt. Fol**) hatte

*) Gegenbauer, „Ueber die Entwicklung der Sagitta" Abhandl. der naturf. Gesellschaft in Halle Bd. 4 (p. 7 des Sep.-Abdr.).

**) Ich ergreife die Gelegenheit, um ein Missverständniss zu berichtigen, welches sich, hinsichtlich der Priorität der Entdeckung der Strahlensysteme im Dotter während seiner Theilung, bei einer Anzahl Autoren, die in letzterer Zeit über diesen Gegenstand schrieben, findet. Die erste genaue Beschreibung dieser Erscheinung lieferte H. Fol in seiner Arbeit über die Entwicklung des Geryonideneies, die im November 1873

sie schon einige Zeit vor dem Erscheinen meiner Publication im Ei der Geryoniden gefunden und auch darauf aufmerksam gemacht, dass hier eine sehr verbreitete Erscheinung vorliege, die er ausserdem noch bei Rippenquallen, *Doliolum*, bei *Cavolinia* unter den Mollusken und *Alciope* unter den Anneliden nachgewiesen habe (57). Nach Fol entstehen diese Strahlensonnen zu jeder Seite des verschwindenden Kernes. Diese Beobachtung war richtig bis auf das Verschwinden des Kernes, dessen Metamorphose übersehen wurde, obgleich die Angabe Fol's, dass vom einen zum andern dieser Anziehungscentren mehrere solcher Strahlen bogenförmig verlaufen, darauf hinweist, dass er einiges von den Fasern der eigentlichen Kernspindel gesehen hat. Auch in seiner neueren Arbeit über die Entwicklung der Pteropoden (37) hält er an dieser Auslegung des Gesehenen fest und lässt auch hier bei jeder Theilung den Kern regelmässig schwinden. Jedoch ist es ihm nun gelungen, den Beginn der eigentlichen Kernmetamorphose zu sehen; er fand nämlich (Taf. VIII. Fig. 4), dass von zwei gegenüberliegenden Stellen seiner Oberfläche aus, sich Strahlensysteme innerhalb des Kernes selbst erzeugen. Er sah also das erste Stadium der sich bildenden Kernspindel, deutete jedoch diese Erscheinung falsch, indem er sie für eine Auflösung des Kernes in die Strahlensonnen hält. Es scheint mir daher auch aus seiner jetzigen Darstellung hervorzugehen, dass er die Strahlensysteme selbst für die aufgelösten Kerne hält, eine Ansicht, wie sie ähnlich auch Kowalewsky zu haben scheint.

Auerbach hat gleichfalls (17) die strahligen Figuren gesehen, ist jedoch, wie dies bei Untersuchungen am lebenden Ei natürlich erscheint, nicht zu einer Erkenntniss der Kernumbildung und Theilung gelangt. Nach seiner Beschreibung geht der Kern bei der Bildung der karyolitischen Figur völlig zu Grunde und es bleibt nur der mit dem Protoplasma dieser Figur vermischte Kernsaft übrig. Auerbach war bei seinen Untersuchungen in einem Punkt entschieden weiter gekommen wie ich früherhin (14), indem er fand, dass nicht die angeschwollenen Enden der karyolitischen Figur selbst, wie ich unrichtig angenommen hatte, die neuen Kerne

---

erschien und welche Herr Dr. Fol nach seiner freundlichen Mittheilung schon im Frühjahr und Sommer des Jahres 1871 vollendet hatte. Meine Beobachtung dieser Erscheinungen im Nematodenei wurde Ende 1871 angestellt und gelangte erst im Mai 1874, wegen der langen Zögerung des Lithographen, zur Veröffentlichung. Herrn Dr. Fol gebührt also bezüglich der Entdeckung der Dotterstrahlungen, wie auch der Entstehung der Tochterkerne nach der Theilung aus mehreren, später verschmelzenden, kleinen Kernen (die er zwar nur als Vacuolen bezeichnete) die Priorität. Meine Beobachtung der Strahlungen während der Theilung des Nematodendotters wurden nahezu in derselben Zeit und ganz unabhängig von den seinigen angestellt. Hiernach sind also die Angaben bei Auerbach und Strasburger, welche mir fälschlich die erste genauere Schilderung der Strahlungen im Dotter zuschreiben, zu berichtigen.

sind, sondern dass diese Tochterkerne sich da allmälig hervorbilden, wo die angeschwollenen Enden der karyolitischen Figur (die Centralhöfe der Strahlung) in den Stiel derselben übergehen. Dass dem so sei, davon habe ich mich nun auch am lebenden Nematoden- und Räderthierei hinreichend überzeugt und dies stimmt auch völlig mit den an präparirten Eiern über die Kerntheilung jetzt erhaltenen Resultaten überein.

Die karyolitische Figur Auerbach's erklärt sich also in der Weise, dass der sogen. Stiel derselben den spindelförmigen, in der Theilung begriffenen Kern vorstellt, die angeschwollenen Enden hingegen die sogenannten Centralhöfe der Strahlungen, woraus sich alsdann der Ort der Neuentstehung der Tochterkerne von selbst ergibt.

Flemming's Untersuchungen (52, 27) an *Anodonta* und *Lacinularia* führten gleichfalls nicht zur Entdeckung der Kernmetamorphose, wesshalb auch er an dem völligen Verschwinden des Mutterkernes festhalten zu müssen glaubt und die Strahlensysteme sich ohne dessen Betheiligung anlegen lässt. Dass er bei *Lacinularia* den Stiel der karyolitischen Figur gar nicht wahrnahm, ist mir erklärlich, da sich in den lebenden Räderthiereiern der spindelförmig modificirte Kern, dieser Stiel, dem Auge fast oder ganz entzieht. Auch durch diese, wohl durch die Ungunst der Objecte sehr beeinflussten Untersuchungen wurden daher nur Bruchstücke des eigentlichen Vorganges ermittelt, dieser selbst jedoch ganz falsch gedeutet.

Von der eigentlichen Metamorphose des Kernes bei der Theilung haben meines Wissens seither nur zwei Forscher bei thierischen Objecten etwas gesehen. Einmal, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung erwähnte, Kowalewsky bei *Euaxes* (6). Er sah hier (Taf. IV. Fig. 24) den in Theilung begriffenen Kern, nämlich die auseinandergerückten Kernplattenhälften sammt den sie verbindenden Fäden. Er deutet das Gesehene als das in Theilung begriffene Kernkörperchen. Natürlicher Weise konnte er so, nicht über das wirkliche Verhalten des Kernes während der Theilung ins Klare kommen, wie sich z. B. sehr deutlich durch die Auslegung, welche er seiner Fig. 26 gibt, hervorgeht. Hier finden sich in e schon zwei, nahezu völlig neugebildete Tochterkerne, zwischen welchen von Kernfäden nichts mehr zu sehen ist. Seine Erklärung hierzu sagt jedoch, dass die Kerne der beiden Zellen noch nicht völlig von einander geschieden seien, woraus hervorgeht, dass er die hellen Centralhöfe, die um die jungen Kerne gezeichnet sind und die deutlich strahligen Bau besitzen, als die eigentlichen Kerne auffasst.*)

---

*) Dass Kowalewsky keine klaren Vorstellungen über das Verhalten der Kerne bei der Theilung hat, ergibt sich auch aus seiner neuesten Publication über die Entwicklung von Pyrosoma, wo er pag. 609 mittheilt, dass er während der Furchung in jeder Furchungskugel einen strahlenförmigen Kern beobachtete. Vergl. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. 11. 1875. pag. 596.

Mehr von den Umwandlungen des Kernes während der Theilung hat hingegen Schneider (58; p. 69) bei *Mesostomum Ehrenbergii* wahrgenommen, was ich früher leider übersah. Es ist mir nicht möglich darüber ganz klar zu werden, wie sich Schneider die Theilung des Kernes hier eigentlich vorstellt. Er beschreibt von dem Kern des befruchteten Sommereies, den er als das ursprüngliche Keimbläschen betrachtet (was ich für unerwiesen halte), dass zuerst seine Umrisse verschwinden und nur der Kernkörper erkennbar bleibt; auf Zusatz von Essigsäure waren aber auch die Umrisse des Kernes sichtbar und zwar erschienen sie vielfach gefaltet und verbogen. »Endlich schwindet auch der Nucleolus und der ganze Kern hat sich in einen Haufen feinlockig gekrümmter, auf Zusatz von Essigsäure sichtbar werdender Fäden verwandelt. An Stelle dieser dünnen Fäden traten endlich dicke Stränge auf, zuerst unregelmässig, dann zu einer Rosette angeordnet, welche in einer, durch den Mittelpunkt der Kugel gehenden Ebne (Aequatorialebne) liegt. Dem Anschein nach bilden diese Stränge den Umriss einer flachen, vielfach eingebuchteten Blase; indess überzeugt man sich bei genauerer Ansicht, dass ihre Contour an dem inneren Winkel der Zipfel vielfach unterbrochen ist. Die in dem Ei befindlichen Körnchen haben sich in Ebnen gruppirt, welche sich in einer senkrecht auf die Aequatorialebne und in deren Mittelpunkt stehenden Linie schneiden. An dem frischen Ei ist von dieser Anordnung wenig zu sehen — durch Zusatz von Essigsäure heben sie sich aber kräftig ab. Wenn die Zweitheilung beginnt, haben sich die Stränge vermehrt und so geordnet, dass ein Theil nach dem einen Pol, der andere nach dem anderen sich richtet. Endlich schnürt sich das Ei ein und die Stränge treten in die Tochterzellen. Die Reihen der Körnchen strecken sich in die Länge und lassen sich aus der einen Zelle in die andere verfolgen« (l. c. p. 113 u. 114). Die Hauptsache ist, dass sich aus den Schneider'schen Figuren 5d u. e. Taf. V. ergibt, dass die Kerntheilung hier nach demselben Modus verläuft, den Strasburger und ich vielfach beschrieben. Bemerkenswerth erscheint, dass bei diesem Object die Elemente der Kernplatte eine sehr bedeutende Ausbildung erreichen, es sind dies eben die von Schneider beschriebenen Stränge. Letzteres geht namentlich aus der Fig. 5e. hervor, die ein Stadium darstellt, wo die Kernplattenhälften schon auseinander gerückt sind und auf welchem auch die sie noch verbindenden Kernfäden sich angedeutet finden. Weiter bemerkt Schneider: »Nach Vollendung der Zweitheilung löst sich der strangförmige Kern auf und ein bläschenförmiger mit feinen Granulationen erfüllter tritt an seine Stelle.«

Dieselbe Art der Kernvermehrung fand er auch bei *Distomum cygnoides*, ferner an den eigenthümlichen Zellen, welche mittelst eines dünnen Stiels dem Darm von *Mesostomum* angeheftet sind. Auch die Kerne der Keimzellen der Spermatozoën, sowie einzelne Kerne des

Keimlagers der weiblichen Geschlechtsorgane und der jungen Dotterstöcke dieses Thieres zeigten ähnliche Umformungen.

Nachdem wir durch die nahezu vollkommene Uebereinstimmung der Theilungsvorgänge der echten Zellkerne und der sogenannten Nucleoli der Infusorien uns die Gewissheit verschafft haben, dass die letzteren echten Zellkernen gleichwerthig sind, haben wir damit ein Object erhalten, an welchem gewisse Vorgänge bei der Kerntheilung sich in einer Weise studiren lassen, wie dies bei der Gewebezelle oder dem Ei kaum der Fall sein kann. Es dürfte daher nicht ungerechtfertigt erscheinen, von einigen, bei der Theilung dieser primären Infusorienkerne erhaltenen Resultate Rückschlüsse auf den Theilungsvorgang anderer Kerne zu entnehmen. Die Möglichkeit, in Theilung begriffene primäre Nuclei der Infusorien zu isoliren, gibt uns ein Mittel in die Hand, ihren feineren Bau sicherer zu erforschen, als dies z. B. für die, in so bedeutende Protoplasmamassen eingeschlossenen Kerne der Eier sich bewerkstelligen lässt. So erkannten wir an den in Theilung befindlichen Nucleoli der Infusorien eine, die Fasern der Kernspindel umhüllende, sehr zarte, jedoch höchst deutliche Membran. Untersucht man den noch in dem Infusor eingeschlossenen Kern auf diesem Stadium nach Behandlung mit Essigsäure, so erhält man natürlich hinsichtlich dieser Membran keinen sehr sicheren Anhalt, man sieht dann die geschrumpfte Kernspindel in einem hellen Raum liegen und es ist schwer oder nicht möglich die Membran von dem umgebenden Protoplasma zu unterscheiden. In letzterer Weise präsentirte sich uns auch die Kernspindel in den Eiern oder Zellen, die wir zu untersuchen Gelegenheit hatten. Auch hier ist der helle Hof um die Spindel, der manchmal von sehr scharfen Umrissen begränzt wird, zuweilen sehr deutlich. Auch folgt hieraus, dass die Kernspindel, wie wir sie nach Behandlung mit Essigsäure zu Gesicht bekommen, nicht mehr ganz dem natürlichen Zustand entspricht, sondern dass dieser eigentlich mehr abgerundet oval ist und namentlich die so spitz und scharf auslaufenden Enden der Spindel nicht dem natürlichen Zustand entsprechen, sondern dass die Fasern in den Kernenden zwar sämmtlich nach einem Punkt convergiren, aber im lebendigen Zustand nicht als ganz grad gestreckte Linien von der Kernplatte nach den Kernenden laufen, sondern sich allmäliger bogenförmig dort zusammenkrümmen. (Vergl. namentlich die Abbildung der Nucleoli von *Stylonichia* im natürlichen Zustand und nach Behandlung mit Essigsäure Taf. XII. Figg. 5 u. 6, 7 u. 8).

Nach Analogie der Infusoriennuclei muss ich nun auch an den Spindeln der übrigen Zellkerne eine sie gegen das umgebende Protoplasma scharf abgränzende, zarte Hülle annehmen. Ich bin hierzu um so mehr veranlasst, als auch Strasburger zuweilen, namentlich bei Betrachtung der Kernplatte von der Fläche, einen sehr deutlichen, dieselbe umkreisenden

Contour wahrgenommen hat (vergl. namentlich Taf. VI. Fig. 52, Pollenmutterzelle von *Allium narcissiflorum* und Fig. 78, Sporenmutterzelle von *Psilotum triquetrum*).

Wenn sich daher auch eine Umhüllung, sowohl bei thierischen wie pflanzlichen Objecten, namentlich um die überhaupt sehr schwierig sichtbaren Enden der Spindel, kaum wahrnehmen lässt, so ist die Existenz derselben doch aus den angeführten Gründen kaum zu bezweifeln.

Im Aequator der Spindel sind, wie bekannt, die Fasern zu dunkelen Körnern oder Stäbchen angeschwollen, deren Gesammtheit ich nach dem Vorgange Strasburger's als Kernplatte bezeichnete. Namentlich bei den primären Nuclei der Infusorien treten uns die Elemente dieser Kernplatte mehrfach in sehr bedeutender Entwicklung entgegen, so dass sie bei den Paramaecien nahezu zwei Drittel der gesammten Kernlänge erreichen (vergl. Taf. VI. Fig. 8), die zarten Spindelfasern daher nur auf kurze Strecken an den Kernenden beschränkt sind. Bei *Stylonichia* hingegen sind die Elemente der Kernplatte gleichfalls noch recht ansehnlich entwickelt, jedoch finden sich ähnliche Zustände auch noch bei echten thierischen und pflanzlichen Kernen. Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht, dass sich bei den primären Kernen der Paramaecien ein stricter Gegensatz zwischen den Elementen der Kernplatte und den Fasern findet; während nämlich die ersteren durch 1 % Essigsäure sehr dunkel und scharf werden, verschwinden die letzteren durch Quellung ganz. Bei anderen Infusorien zeigte sich eine derartige Differenzirung nicht.

Sowohl bei thierischen wie pflanzlichen Kernen scheint es zuweilen vorzukommen, dass die Elemente der Kernplatte zu einer zusammenhängenden Scheibe verschmelzen; ich traf solche Bilder bei den embryonalen Blutkörperchen des Hühnchens, Strasburger bei den Pollenmutterzellen von *Allium narcissiflorum* (s. s. Taf. VI. Fig. 53).

Ich muss nun noch für einen Augenblick bei der interessanten Erscheinung verweilen, dass der Kern der Furchungskugeln bei seinem Uebergang in die spindelförmige Modification im lebenden Ei gewöhnlich so undeutlich wird, dass er sich dem Auge zuweilen gänzlich entzieht. Diese Erscheinung hat, soweit ich dies zu beurtheilen vermag, dreierlei Ursachen. Einmal schwindet, wie bekannt, die sogenannte Kernhülle, der Kern verliert daher die früher so scharfe Gränze gegen das Protoplasma; zweitens tritt eine gleichmässigere Vertheilung der sonst hier und da, sowohl in der Kernhülle als in den einzelnen Binnenkörperchen localisirten, dichten Kernmasse ein, indem dieselbe sich in so regelmässiger Weise durch den gesammten Kern anordnet und drittens verliert der Kern überhaupt an Helligkeit und hebt sich desshalb nicht mehr so scharf gegen das umgebende Protoplasma ab. Letzterer Umstand beruht aber darauf, dass der ursprünglich so flüssigkeitsreiche Kern einen Verlust an Flüssigkeit

erleidet. Dies manifestirt sich dadurch, dass das Gesammtvolumen des Kernes bei seinem Uebergang in den spindelförmigen Zustand beträchtlich abnimmt, wie ich wenigstens für *Nephelis Cucullanus* und die Keimzellen der Spermatozoën der *Blatta germanica* mit Sicherheit glaube nachweisen zu können. Zum Theil geht dies schon durch einen Vergleich der Abbildungen hervor; da ich jedoch diesen Punkt für einen sehr wichtigen halte, so will ich diese Verhältnisse etwas eingehender zu beleuchten versuchen.

Von *Nephelis* stehen mir eine Anzahl Messungen zu Gebote, welche ein solches Verhalten ausser Frage stellen. Eine Furchungskugel erster Generation enthielt zwei Kerne, die noch nicht zu ihrer vollen Grösse herangewachsen waren. Eine Kugel vom Volum dieser Kerne hatte einen Durchmesser von 26, eine Kernspindel der ersten Furchungskugel hat nur ein Volum, welches einer Kugel vom Durchmesser 18 entspricht, das Volumen der beiden Kerne der ersten Furchungskugel betrug demnach das dreifache des Volums der Kernspindel.*)

Bei *Cucullanus* habe ich keine Messungen angestellt, jedoch lässt sich aus den mit Genauigkeit verfertigten Abbildungen wohl ein Schluss hinsichtlich der Volumfrage gewinnen. So repräsentirten die Volumina von vier, noch nicht vereinigten Kernen der ersten Furchungskugel zusammen eine Kugel vom Durchmesser 26; die Kernspindel der ersten Furchungskugel hingegen eine solche vom Durchmesser 18 bis 19; wir haben demnach auch hier eine Volumabnahme bis zu zwei Drittel beim Uebergang in die Kernspindel.

In der grösseren Furchungskugel zweiter Generation von *Cucullanus* hatte der einfache Kern das Volumen einer Kugel vom Durchmesser 23, die entsprechende Kernspindel kam hingegen nur dem Volum einer Kugel vom Durchmesser 16 gleich, was wiederum nahezu das Verhältniss 3 : 1 zwischen den Volumina des ursprünglichen Kernes und der Kernspindel ergibt.

Bei pflanzlichen Zellen scheint der Kern bei seinem Uebergang in die Kernspindel meist keine wesentliche Volumänderung zu erfahren. Dennoch ist eine solche bei *Picea vulgaris* während der Theilung der vier Kerne in dem Scheitel des Eies sehr deutlich (vergl. Taf. III. Figg. 23a, 27 und 28 bei Strasburger). Es fällt uns hierbei auf, dass diese Kerne sich auch in ihrer ursprünglichen, normalen Beschaffenheit denen thierischer Eier durch sehr hellen, jedenfalls flüssigkeitsreichen Inhalt mehr anschliessen.

Es fragt sich nun, was geschieht mit der Flüssigkeit (wässeriger Kernsaft), welche den

*) Bei diesen Volumvergleichungen habe ich mich der Methode bedient, dass ich die zu vergleichenden Objecte in entsprechenden Grössenverhältnissen möglichst genau in Wachs nachbildete und hierauf zu Kugeln umarbeitete, deren Durchmesser gemessen wurde. So roh dieses Verfahren auch ist, dürfte es in diesen und ähnlichen Fällen dennoch eine genügende Schätzung erlauben.

Kern verlässt; wird dieselbe gleichmässig vom umgebenden Protoplasma aufgenommen oder ist ein anderes Verhalten wahrscheinlich. Ich vermuthe nun das letztere und zwar aus folgenden Gründen. Die Umwandlung des Kernes beginnt zuerst an zwei sich gegenüberliegenden Punkten desselben, durch welche die zukünftige Theilungsaxe festgestellt wird. Dies geschieht in der Weise, dass hier im Dotter zwei, anfänglich nur wenig ausgedehnte Strahlensysteme auftreten, die je einen ursprünglich kleinen, späterhin, je weiter die Umwandlung des Kernes fortschreitet, mehr und mehr wachsenden, hellen und homogenen Hof einschliessen. Da die Umwandlung des Kernes von diesen beiden Punkten ihren Ausgang nimmt und mit einer Flüssigkeitsabgabe des ursprünglichen Kernes verbunden ist, so liegt die Vermuthung nahe, dass es, wie auch Auerbach schon wollte, diese beiden Punkte sind, wo auch fernerhin der Austritt des Kernsaftes in das umgebende Protoplasma stattfindet. Sehen wir andererseits das Kernvolumen sammt Kernsaft mehr und mehr schwinden und in entsprechendem Maasse die beiden Centralhöfe der Strahlensysteme wachsen, so scheint es nahe zu liegen, zwischen diesen beiden Thatsachen ein Wechselverhältniss zu vermuthen, so, dass nämlich der aus dem Kern ausgetretene Kernsaft (Wasser plus vielleicht sehr wichtigen Stoffen) sich in den Centralhöfen der beiden Strahlensysteme anhäufe.

Natürlicher Weise kann ich eine so grobe Vorstellung, wie sie Auerbach (18; p. 221) von der Entstehung der Strahlensysteme hat, dass dieselben nämlich der Ausdruck der Bahnen seien, in welchen sich feine Strömchen in das Protoplasma ergiessen, nicht für richtig halten. Andererseits aber auch nicht mit Flemming dies Radienphänomen auf ein gegebenes Structurverhältniss des Protoplasmas beziehen, wenn man eben darunter nicht nur die Thatsache versteht, dass unter gewissen Einflüssen eine derartige Anordnung entstehen kann. Im Plasma, dessen Theilchen ihre gegenseitige Lage beständig zu wechseln fähig sind, kann man von Structurverhältnissen im gewöhnlichen Sinn nicht sprechen. Ohne jedoch hier vorerst näher auf eine eventuelle Erklärung des Strahlungsphänomens einzugehen, muss ich doch hervorheben, dass ich den Sitz von dessen Ursache im Centralhof suche, zu welchem allein auch eine centrische Anordnung vorhanden ist, nicht aber zu den Kernenden.

Diese Thatsache, dass das Centrum der Radiensysteme nicht mit den Kernenden zusammenfällt, sondern letztere, wie es aus meinen Abbildungen für *Nephelis* hervorgeht, nur den Rand der Centralhöfe berühren, scheint auch die Annahme unmöglich zu machen, dass die Ursache der Strahlensysteme eine von den Kernenden auf das umgebende Protoplasma ausgeübte Attraction sei, wie Strasburger will, welcher übrigens, wie schon erwähnt, die Centralhöfe mit den Kernen selbst verwechselt hat. Auch können die Centralhöfe nicht etwa von den Kernenden

attrahirte Masse sein, da in diesem Falle dieselbe sich gleichfalls um die Kernenden als Centra anhäufen müsste. Dagegen glaube ich, dass die von mir entwickelte Vorstellung über die Entstehung dieser Centralhöfe ihre Beziehungen zu den Kernenden erklärt, wenn man daran festhält, dass die Ausscheidung des Kernsaftes nur an einem Punkt stattfindet und ersterer mit dem umgebenden Protoplasma sogleich in eine Wechselwirkung tritt, auf die ich weiter unten noch zurückkommen werde.

Welcher Natur die Veränderungen sind, die der hervorgetretene Kernsaft in dem von ihm unmittelbar durchtränkten Protoplasma der Centralhöfe hervorruft, ist natürlich nicht zu sagen, möglicher Weise nur eine einfache Quellung und Lösung, als deren Folge das homogene und lichte Aussehen der Centralhöfe betrachtet werden könnte.

Gehen wir nun zunächst zur Betrachtung der weiteren Fortschritte der Kerntheilung selbst über. Die nächste Folge ist, wie bekannt, der Zerfall der Kernplatte in zwei Hälften, welche von einander weg und nach den Enden des Kernes zu rücken. Strasburger deutet diesen Vorgang in der Weise, dass, nachdem der Zerfall der Kernplatte stattgefunden hat, die Elemente derselben, die Körner oder Stäbchen, nun auseinanderrücken und zwischen sich Fäden ausziehen, seine sogenannten Kernfäden. Letztere sind also Producte der Kernplatten, während die früheren, nach den Kernenden laufenden Fasern allmälig mit den nach den Enden rückenden Elementen der Kernplatten verschmelzen. Ich habe in meinen vorläufigen Mittheilungen einfach gesagt, dass die beiden Hälften der Kernplatten in die Kernenden rücken und auch bis zum Studium des Strasburger'schen Buches die Ansicht gehegt, dass die die Kernplatten bildenden verdickten Stellen der Fäden, einfach in diesen hinrückend, schliesslich in die Kernenden gelangten. Anfänglich hat mich daher die Strasburger'sche Auffassung etwas frappirt; bei näherer Ueberlegung ergibt sich aber, dass beide Auffassungen, im Grunde genommen, wesentlich auf dasselbe hinauslaufen und was mich stutzig machte, war eigentlich nur der Umstand, dass Strasburger die, die auseinandergerückten Kernplatten verbindenden Fäden besonders als Kernfäden aufzeichnete. Wenn man aber die Kernplattenelemente einfach als Substanzanhäufungen an gewissen Stellen der Fäden auffasst, so ergibt sich, dass unsere beiden Ansichten eigentlich nicht differiren, ebensowenig wie die Kernfäden Strasburger's sich von den früheren Spindelfasern unterscheiden.*)

Schliesslich sind also die Hälften der Kernplatten in die Enden der Kernspindel gerückt und

*) Diese Auffassung müsste aber doch vielleicht eine Einschränkung erfahren, wenn sich ein ähnlicher Unterschied in der Beschaffenheit der Kernplatte und der Spindelfasern, wie wir bei *Paramaecium* fanden, noch häufiger zeigte.

bei thierischen Objecten dieses Stadiums meist noch sehr deutlich in ihren einzelnen Elementen zu erkennen (vergl. *Cucullanus*, *Nephelis*, *Brachionus*). Bei pflanzlichen Objecten hingegen, ebenso wie gewissen thierischen (Keimzellen der Spermatozoën, embryon. Blutkörperchen), scheinen diese Elemente, schon bevor sie die Enden des Kernes erreichen, meist völlig mit einander zu verschmelzen. Dennoch findet sich auch zuweilen bei pflanzlichen Objecten das erstgenannte Verhalten, wie die Figg. 82 u. 83 Taf. VI. bei Strasburger zeigen.

Etwas anders ist das Verhalten der primären Nuclei der Infusorien, da bei ihnen die Kernplattenhälften nicht nur innerhalb der Kernspindel selbst auseinanderrücken, sondern sich zugleich, durch Auswachsen der zwischen ihnen verlaufenden Kernfäden, mehr und mehr von einander entfernen, so dass schliesslich, wenn sie in den Kernenden angelangt sind, die Kerne sich schon sehr beträchtlich verlängert haben und endlich auf ihre vier- bis sechsfache Länge auswachsen können. Bei der gewöhnlichen Theilung der primären Nuclei (während der Quertheilung des Infusors) erfolgt nun auch die Verschmelzung der Elemente der Kernplatten zu einem mehr oder weniger homogenen Körper, schliesslich (wie dies nach der Analogie mit den Theilungszuständen der primären Nuclei während der Conjugation wohl geschlossen werden darf) die Trennung der Verbindungsfäden in der Mitte zwischen den neuen Kernen und ihr allmäliges Verschmelzen mit den schon homogen gewordenen Kernplatten, worauf alsdann die Form des ursprünglichen Nucleolus wiederhergestellt ist.

Nicht so jedoch bei den während der Conjugation stattfindenden Theilungen der primären Nuclei. Hier behalten die Kernplatten (wenigstens bei den Paramaecien, wo diese Verhältnisse sich bis jetzt allein näher erforschen liessen) ihre differenzirte Beschaffenheit bei, so dass der spindelförmig modificirte Kern in zwei ähnlich beschaffene zerfällt.

Bis hierher lässt sich das Verhalten der pflanzlichen Zellkerne mit den thierischen völlig parallelisiren; in den ferneren Erscheinungen jedoch zeigt sich, soweit es heutzutage möglich ist die Verhältnisse zu überschauen, ein sehr bedeutsamer Unterschied. Es tritt nämlich bei den pflanzlichen Zellen sehr gewöhnlich eine Anschwellung in den Mitten der Kernfäden ein, welche zur Bildung der sogenannten Zellplatte führt und diese Zellplatte bildet nun ein sehr wesentliches Moment nicht nur bei der Trennung der beiden Kernhälften selbst, sondern auch bei der Theilung der gesammten Zelle. Indem sich die Kernfäden in der Mittelebene zwischen den beiden verschmolzenen Kernplatten mehr und mehr ausbreiten, erreichen sie häufig fast die Wände der Zelle. Die Elemente der Zellplatte verschmelzen hierauf mit einander und bilden eine Hautschicht zwischen den beiden zu trennenden Zellen, die, wenn nöthig, von dem ausserhalb der Kernfäden liegenden Protoplasma ergänzt wird. Sodann tritt in dieser Haut-

schicht eine Spaltung ein und es wird Cellulose zwischen ihren beiden Platten abgelagert, wodurch schliesslich eine völlige Trennung der beiden neugebildeten Zellen sich herstellt. Die noch vorhandenen Kernfäden aber, werden allmälig in die neugebildete Hautschicht der jungen Zellen aufgenommen.

Strasburger bemerkt schon (pag. 213) mit Recht, zum Theil auf meine Untersuchungen an thierischen Zellen gestützt, dass diese Verwerthung der Kernfäden zur Bildung der Hautschicht eine speciell pflanzliche Anpassung zu sein scheine, vielleicht durch den Umstand veranlasst, dass die beiden, von einer eng anschliessenden Cellulosemembran umgebenen Zellen, sich nicht direct unter dem Einfluss ihrer Zellkerne von einander trennen könnten. Dies ist richtig mit der kleinen Einschränkung, dass sich die Andeutung einer Zellplatte bei *Nephelis* und den Schnecken sehr deutlich beobachten liess. Dagegen zeigte sich bis jetzt bei keinem Object ein Verhalten, ähnlich dem der Pflanzen, bezüglich der grossen Ausbreitung der Kernfäden und einer etwaigen Betheiligung derselben an der Herstellung einer Hautschicht.

An den sich theilenden Furchungskugeln liess sich das Schicksal der Kernfäden bis jetzt nur bruchstückweise verfolgen, jedoch deuten einige Bilder darauf hin, dass sich hier vielleicht etwas Aehnliches wie bei pflanzlichen Zellen, wiewohl in sehr reducirtem Maassstabe findet (vergl. *Succinea* Taf. IV. Fig. 20). Dagegen liess sich bei den Keimzellen der *Blatta germanica*, welches Object die sicherste Verfolgung der Kernfäden gestattete, ein Verhalten constatiren, welches dem der Pflanzenzellen völlig entgegengesetzt ist. Je weiter hier die Theilung fortschreitet, desto mehr schnürt sich auch der Kernfädenstrang in seiner Mitte ein und wird ohne Zweifel schliesslich in der Theilungsebene zerrissen, worauf seine beiden Hälften von den Tochterkernen aufgenommen werden. Dieser Vorgang erscheint um so plausibler, als wir für ihn in der Theilung der primären Nuclei der Infusorien ein völliges Pendant besitzen. Bemerkenswerther Weise habe ich bei diesen Objecten nichts von einer Zellplatte beobachtet, dennoch mache ich künftige Beobachter darauf aufmerksam, dass, wie schon die Abbildungen Balbiani's zum Theil sehr deutlich angeben und auch ich mehrfach gesehen habe, der Verbindungsstrang (Kernfädenstrang) der sich theilenden, primären Infusoriennuclei in seiner Mitte häufig etwas angeschwollen ist, eine Erscheinung, welche mit der Ausbildung einer Art von Zellplatte in Zusammenhang stehen könnte.

Ohne daher völlig in Abrede stellen zu wollen, dass bei thierischen Objecten zuweilen ein ähnliches Verhalten wie bei den pflanzlichen Zellen vorkomme — wobei also das Bemerkenswertheste wäre, dass bei der Theilung eine gewisse Menge von Kernmasse wieder zu Zellprotoplasma werde, die neuen Kerne sich daher je aus weniger als der Hälfte der ursprünglichen

Masse des Mutterkernes aufbauten — halte ich dennoch dieses Verhalten nicht für die Regel, sondern muss ein völliges Zerfallen der Mutterkerne in zwei Tochterkerne, ohne Verluste wie bei den Infusorien, als das gewöhnliche betrachten.

Eine Betheiligung der Kernfäden an der Bildung einer, die Tochterzellen scheidende Hautschicht, kann bei sämmtlichen, bis jetzt näher untersuchten thierischen Objecten nur in sehr geringem Maasse, wenn überhaupt stattfinden.

Die Neubildung der Tochterkerne sehen wir von den, zu je einer homogenen Masse vereinigten beiden Kernplattenhälften ausgehen, in gleicher Weise wie bei den Pflanzenzellen. Bei den Kernen der Furchungskugeln liess sich bis jetzt diese Verschmelzung nicht mit Sicherheit constatiren. Dennoch dürfte, wegen der grossen Uebereinstimmung, die sich in dieser Beziehung zwischen den pflanzlichen Objecten und gewissen, für die Untersuchung günstigen thierischen, wie den Keimzellen der *Blatta germanica* und den embryonalen Blutkörperchen, zeigte, nicht daran zu zweifeln sein, dass sich auch in den ersterwähnten Fällen die minutiösen Kernplatten schliesslich vereinigen.

Es ist nun gewiss von Interesse, dass uns die primären Nuclei (Nucleoli) der Infusorien diesen homogenen, dichten Zustand der Kerne in ihrem normalen Zustand gewöhnlich präsentiren. Sie bestehen, wie bekannt, aus einer dichten, dunkelen, zuweilen sogar etwas glänzenden Masse, die häufig von einer zarten Hüllhaut umschlossen wird, manchmal fehlt jedoch auch diese Differenzirung einer Membran. Diesen primitiven Zustand verlassen sie nur während der Quertheilung und bei der Conjugation. Wichtig erscheint es nun, dass wir auch endogen sich neubildende Kerne bei pflanzlichen Objecten zuerst in einem solchen homogenen und dichten Zustand auftreten sehen. Am besten lässt sich nach Strasburger diese Entstehung der Kerne im Endosperm von *Phaseolus multiflorus* verfolgen. Hier tritt in dem ursprünglich homogenen und dichten Kern erst später eine Differenzirung durch Ausbildung von Vacuolen auf. Die erste Verdichtung zur Bildung eines Zellkernes lässt sich in fast punktförmiger Grösse bemerken.

Aus dieser Neuentstehung der Kerne und der ähnlichen Hervorbildung der Tochterkerne bei der Theilung, dürfen wir auch wohl den Schluss ziehen, dass der homogene und dichte Zustand überhaupt die ursprünglichste und einfachste Form des Auftretens der Kerne sei, dass es sich also bei der Kernbildung um nichts weniger als die Bildung einer Flüssigkeitshöhle im Protoplasma der Zelle handle, wie Auerbach will, sondern ein gerade umgekehrtes Verhalten sich finde.

Wir dürfen hieraus auch wohl den Schluss ziehen, dass die Neubildung der Kerne in der ersten Furchungskugel der Eier von solchen zuerst auftretenden, homogenen und dichten Körperchen anhebt, die sich durch Differenzirung sehr rasch zu kleinen Bläschen gestalten und in dieser Form ihr Wachsthum fortsetzen. Demnach erscheint es uns auch sehr unwahrscheinlich, dass ein Theil der Hautschicht der Eier selbst, wie Strasburger bei *Phallusia* annimmt, zu dem Kern sich umbildet, sondern die ersten Anlagen der Kerne sind kleine, verdichtete Körperchen in dieser Hautschicht oder vielmehr des hellen, homogenen Protoplasmas, welches sich an gewissen Stellen der Dotteroberfläche oder vielleicht auch zuweilen im Dotterinnern ansammelt.*)

---

*) Die völlige Neubildung, endogene Erzeugung, eines Kernes wurde bei thierischen Zellen seither kaum genauer beobachtet. Es sind mir nur die interessanten Untersuchungen E. van Beneden's über die Entstehung des Kernes in den sogen. Pseudofilarien der *Gregarina gigantea* bekannt, welche hierüber einigen Aufschluss geben (102). Es scheint mir nun, dass die Entstehung dieses Kernes sich an den oben näher erörterten Modus der Kernentstehung nahe anschliesse. Zuerst bildet sich nach van Beneden ein Nucleolus, d. h. es entsteht ein stark lichtbrechender, verdichteter Körper, der auch zuweilen deutlich von einem hellen, nicht scharf begränzten Hof umgeben ist. Um diesen sogen. Nucleolus lässt van Beneden die eigentliche helle Kernmasse sich ablagern, indem er sich jedenfalls vorstellt, dass der vorerwähnte, helle Hof sich allmälig schärfer gegen das umgebende Plasma abgränze, schliesslich eine deutliche Membran erhalte und so in die eigentliche Kernmasse übergehe. Ich muss jedoch auch hier die oben vorgetragene Anschauung geltend machen. Meiner Ansicht nach repräsentirt der sogen. Nucleolus van Beneden's den jugendlichen, homogenen Zustand des Kernes, an welchem sich späterhin eine äussere Schicht als Hülle differenzirt, die sich durch Ansammlung von Kernsaft von dem eigentlichen Kernleib, dem Nucleolus, abhebt. Der helle Hof um den jungen Kern hat meiner Ansicht nach die Bedeutung des hellen Protoplasmas, in welchem sich die jungen Kerne der ersten Furchungskugel hervorbilden.

van Beneden versucht an demselben Ort eine Unterscheidung der lebenden Substanz der Moneren oder Cytoden und der der kernhaltigen Zellen durchzuführen. Ausgehend von der Vorstellung, dass in dem Plasma der Cytode die Substanz des Nucleus und Nucleolus aufgelöst vorhanden sei und sich durch einen, der Krystallisation vergleichbaren Process bei der Bildung des Nucleus an einem Punkt der Cytode lokalisire, gelangt er dazu, die Masse der Cytode als Protoplasma plus Nucleussubstanz aufzufassen. Dieselbe müsse daher auch durch einen besonderen Namen, als Plasson, von dem Protoplasma der eigentlichen Zelle unterschieden werden.

Diese Anschauungsweise wurde von Häckel völlig adoptirt und als ein bedeutsamer Fortschritt hingestellt (103; pag. 105); dieselbe ist jedoch ebenso unhaltbar wie die Häckel'sche Unterscheidung der Zelle und Cytode und zwar nur die potenzirte Form dieser letzteren.

Einmal ist die Vorstellung, dass die Substanz des Nucleus in der Masse der Cytode einfach aufgelöst zu betrachten sei, eine völlige Annahme, die sich auf keinen thatsächlichen Grund stützt. Doch wenn wir dieselbe auch adoptiren, so sind wir, um die künstliche Unterscheidung v. Beneden's durchzuführen, sogleich genöthigt, eine zweite hinzuzufügen, nämlich die, dass die Nucleussubstanz ganz und gar bei der Bildung des Nucleus in der Cytode herauskrystallisire. Denn bleibt noch etwas zurück, so wird ja die ganze Unterscheidung hinfällig. Schliessen wir uns aber der van Beneden'schen Anschauung an, dass die Entstehung des Nucleus als eine Art Krystallisation der gelösten Nucleussubstanz zu betrachten sei, so sind wir gezwungen uns vorzustellen, dass bei der Bildung des Nucleus das Cytodenplasma mit gelöster Nucleussubstanz übersättigt sei, welcher Ueberschuss sich nun ausscheide. Die nothwendige Folge einer derartigen Vorstellung

Eine weitere Folge ist jedoch auch die Zusammengehörigkeit der sogenannten Membran der thierischen Kerne und deren Binnenkörper; beide sind Differenzirungsproducte eines ursprünglich homogenen Körperchens und es ist daher ganz verfehlt, wenn Auerbach die Membran der Kerne als eine vom umgebendem Protoplasma erzeugte Umhüllung auffasst. Bei der Neubildung der Tochterkerne durch Differenzirung der homogen gewordenen Kernplatten, ereignet sich aber in den Eiern verschiedener Thiere ein sehr bemerkenswerther Vorgang. Es differenziren sich nämlich ursprünglich nicht einer, sondern mehrere kleine Kerne, so namentlich bei *Cucullanus elegans*, ursprünglich auch bei *Nephelis* und vielleicht auch den Schnecken. Eine genaue Feststellung der ersten Momente dieses Vorganges liess sich bis jetzt durch Beobachtung nicht gewinnen. Man kann sich die Sache so vorstellen, dass die Elemente der Kernplatte sich nicht zu einem gemeinsamen Körper, sondern zu mehreren vereinigen, von welchen dann jeder für sich zu einem bläschenförmigen Kern sich differenzirt. Bei *Nephelis* haben diese Kernchen nur sehr kurze Zeit eine gesonderte Existenz, indem sie sehr bald verschmelzen; bei *Cucullanus* hingegen vereinigen sie sich erst relativ spät und nachdem sie bedeutend herangewachsen sind, zu einem Kern. Es fragt sich, ob diese Kernchen wirklich als völlig von einander gesondert zu betrachten sind oder ob sie von Anfang an in näherem Zusammenhang unter einander stehen. Ich habe früherhin das Vorhandensein einer zarten Hülle um die ursprüngliche Kernspindel betont; existirt sie auf diesem Stadium noch, so müssten diese Kernchen zusammen, als von einer zarten Hülle umschlossen betrachtet werden. Es scheint mir jedoch wahrscheinlicher, dass, wenn diese Hülle auch um die ursprüngliche Kernspindel existirte, sie doch bei der Verschmelzung der Elemente der Kernplattenhälften mit in diesen untergeht.

Es liegen eine Reihe von Beobachtungen vor, nach welchen ein ähnlicher Process der Bildung der Tochterkerne sich auch bei einer ziemlichen Zahl anderer Thiere in den Furchungskugeln findet.

---

ist aber, dass im Plasma eine Lösung von Nucleussubstanz zurückbleibt, die nicht zur Ausscheidung kam, dasselbe bleibt also Plasson.

Andererseits aber wissen wir, dass das Protoplasma gewisser Zellen (z. B. im Embryosack der Phanerogamen) die Fähigkeit bewahrt hat, neue Kerne endogen zu erzeugen, dieses Protoplasma wäre daher eigentlich Plasson.

Ich kann mich nicht der Ueberzeugung verschliessen, dass Begriffe, die wie die des Plassons und Protoplasmas im van Beneden'schen Sinne, einfach durch das plus oder minus eines Bestandtheiles bestimmt werden, dessen Eigenschaften, Entstehung und Bedeutung völlig unbekannt sind, sicherlich nur eine Scheinbedeutung besitzen.

Der Begriff des Kernes und damit seine Bedeutung für das gesammte Zellenleben, sowie seine Beziehungen zum Zellenbegriff überhaupt, wird erst dann eine sichere und feste Gestalt annehmen, wenn es gelingt, die physicalisch-chemischen Bedingungen seiner Entstehung und damit auch seine Natur genau festzustellen. Rein morphologische Betrachtungsweise ist hier nicht mehr zulässig und wird nichts neues zu Tage fördern.

So hat Oellacher (59) 1872 in den Furchungskugeln der früheren Stadien des Forellenkeimes nicht einen Kern, sondern Häufchen, welche aus fünf bis zwölf kleinen Kernchen bestanden, gefunden. Es gelang ihm jedoch auch einmal, den Nachweis eines einfachen, grossen Kernes vor Beginn der Furchung in dem Keime, nach Ausstossung des Keimbläschens, zu führen. Ausser solchen Häufchen grösserer und kleinerer, einfach rundlicher Kernchen, glaubt er jedoch auch die Existenz gewisser, meist grösserer Kerne nachweisen zu können, deren Rand mehrfach gekerbt erschien oder die mehr oder weniger tiefe Einschnitte besassen. Letztere Kerne hält er für Theilungszustände und lässt die Kernhäufchen daher durch vielfache Theilung des ursprünglich einfachen Kernes hervorgehen, hierauf bei der Furchung sich in die einzelnen Furchungsabschnitte vertheilen, bis schliesslich einkernige Elemente entstehen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass Oellacher einen falschen Weg zur Erklärung seiner interessanten Beobachtungen eingeschlagen hat; die grösseren, gelappten Kerne sind nicht in Theilung begriffen, sondern durch Verschmelzung der kleineren hervorgegangen. Auch hier verläuft jedenfalls die Theilung wie z. B. bei *Cucullanus*, nur ist die Zahl der sich neubildenden Kernchen eine viel grössere.

Balfour beschreibt in seiner vorläufigen Mittheilung über die Entwicklung der *Elasmobranchier* (pag. 326) eigenthümliche, zusammengesetzte Kerne aus dem Dotter unterhalb der Furchungshöhle. Auch die Kerne der Blastodermzellen selbst sollen die gleiche Structur ziemlich lang noch zeigen. Es dürfte gewiss zu vermuthen sein, dass auch in diesem Falle die eigenthümliche Structur der Kerne von ihrer Verschmelzung aus mehreren sich herleitet.*)

Auch die Beobachtungen Götte's (49) über die Furchung von *Bombinator igneus* lassen sich, wenn auch bis jetzt nicht in allen ihren Einzelheiten, mit dem von mir beschriebenen Modus der Kerntheilung bei wirbellosen Thieren in Einklang bringen. Welche Bedeutung dem sogenannten ersten Lebenskeim zukomme, der im Dotterkern der ersten Furchungs-

---

*) Vergl. F. M. Balfour, A preliminary account of the developement of the Elasmobranch Fishes. Quart. journ. of mikr. science. N. s. T. XIV. 1874. p. 323. T. XIII. Fig. 1 u. 2. Dass diese Dotterkerne neu entstehen, glaube ich nicht, möchte dagegen die Vermuthung aussprechen, dass dieselben bei der Abtrennung der Blastodermzellen, die ja ursprünglich mit der Dottermasse noch durchaus zusammenhängen, eine bedeutsame Rolle spielen, indem nämlich eine Theilung des Kernes der Blastodermzellen in der Richtung nach dem Dottercentrum stattfindet, in Folge deren sich die Trennungsspalte der Blastodermzelle gegen den Dotter bildet. Der eine Tochterkern bliebe dann in dem Dotter und so entständen diese sogenannten Dotterkerne. Auch die Abschnürung der Blastodermzellen der Insecten gegen den Dotter dürfte wohl in ähnlicher Weise vor sich gehen, da Kowalewsky gleichfalls Kerne in dem Dotter nach Bildung des Blastoderms und in späteren Perioden der Entwicklung nachwies (vergl. 6; pag. 48—49). Kowalewsky scheint dieselbe Ansicht in Bezug auf diese Kerne zu haben, obgleich mir dies nach seiner Ausdrucksweise nicht recht klar ist.

kugel auftritt, möchte ich nicht unbedingt entscheiden. Wahrscheinlich ist er nicht etwa der Kern der ersten Furchungskugel selbst, sondern er entspricht einem Centralhof, in welchem sich dieser Kern erst hervorbildet. Der Theilungsvorgang dieses ersten Lebenskeimes entspricht vollständig dem Verhalten eines sich theilenden Kernes mit Einschluss der sogenannten Centralhöfe um die Kernenden. Es ist daher zu vermuthen, dass wirklich in diesem Lebenskeim der Kern der ersten Furchungskugel sich verbarg oder noch nicht zur Ausbildung gekommen war und desshalb nicht wahrgenommen wurde. Von der zweiten Theilung ab, liessen sich in diesen Lebenskeimen der Furchungskugeln kleine kernartige Gebilde wahrnehmen, die Götte'schen Kernkeime. In diesen Häufchen von Kernkeimen kann ich nun, ebenso wie in den entsprechenden Kernhäufchen Oellacher's, nichts anderes als die jungen Tochterkerne erkennen, die in bekannter Weise nach der Theilung des Mutterkernes, durch von verschiedenen Punkten der homogenen Kernplatten gleichzeitig anhebende Differenzirung, in mehrfacher Anzahl sich hervorbilden, schliesslich jedoch vor jeder weiteren Theilung zur Verschmelzung gelangen. Diesen Verschmelzungsprocess seiner Kernkeime lässt jedoch Götte erst auf einem sehr vorgerückten Stadium der Furchung eintreten, womit denn zuerst wirkliche Kerne sich hervorgebildet hätten, die sich nun in ganz anderer Weise vermehrten als die Lebenskeime etc. Ich halte, wie gesagt, auch die Götte'schen Beobachtungen derselben Deutung fähig, wie die meinigen, kann jedoch nicht unerwähnt lassen, dass die genaue Untersuchung des Kerntheilungsprocesses in den Eiern der Batrachier ohne Zweifel eine höchst schwierige ist, wie dies sich ja einmal aus der Ungunst des Objectes und dann auch der Beschwerlichkeit der Untersuchungsmethode ergibt. Ich habe selbst eine ziemliche Anzahl sehr feiner Schnitte durch frühe Furchungsstadien der Eier von *Rana temporaria* angefertigt, ohne jedoch über die in Frage stehenden Verhältnisse in's Klare kommen zu können. Was ich sah, ist wesentlich eine Bestätigung des Theilungsvorganges der Götte'schen Lebenskeime, ausserdem jedoch auch noch die höchst deutliche, radiäre Structur des Protoplasmas um die, schon in die Tochterzellen gerückten Hälften der Lebenskeime (Centralhöfe lichten Protoplasmas). Eine in Theilung begriffene Kernspindel etc. liess sich jedoch nicht auffinden, das Object ist jedoch auch sehr ungünstig. Hingegen sah ich in den kleineren, pigmentlosen Furchungszellen der Eier von *Rana esculenta* bei Untersuchung von Essigsäurepräparaten mehrfach ziemlich deutliche, feingestreifte, in Theilung begriffene Kernspindeln, ohne jedoch so klare Bilder davon erlangen zu können, dass ich ein näheres Eingehen auf diese Beobachtungen, welchen ich bis jetzt leider nur sehr wenig Zeit schenken konnte, für gerechtfertigt halten sollte. Immerhin habe ich die feste Ueberzeugung, dass auch das Ei der Batrachier, hinsichtlich der näheren Vorgänge während der Furchung

und speciell der Kerntheilung, keine Ausnahme macht, und dass namentlich auch die erste Furchungskugel schon ihren wahren Kern erhält.*)

Schliesslich liegen noch die Beobachtungen Fol's über die Entstehung der Kerne in den Furchungskugeln des Geryonideneies und neuerdings ganz ähnliche über den gleichen Vorgang im Ei der Pteropoden vor. Hier entstehen succesive in den Centren der auseinander gerückten Strahlensysteme ein bis zehn kleine Vacuolen, die schliesslich zu einer grossen verschmelzen, dem Tochterkerne. Dass diese Vacuolen ebenfalls kleine Kerne sind, ist nicht zu bezweifeln, so dass uns also auch hier der gleiche Modus der Formation der Tochterkerne entgegentritt, den wir so vielfach fanden.

Die Differenzirung der homogenen Kernplattenhälften manifestirt sich durch Aushöhlung derselben durch eine Vacuole zu einem Bläschen, in welchem eine gleichmässig granulirte Innenmasse oder einzelne grössere Binnenkörperchen sich erhalten. Dass die letzteren häufig durch Fäden in Verbindung mit der Bläschenwand stehen, darf uns nicht wundern, wie denn überhaupt durch diese Art ihrer Enstehung die mannigfachen Formen, in welchen sich die thierischen Zellkerne repräsentiren, zuerst verständlicher werden.

Je mehr ein Tochterkern wächst, desto mehr wird der Centralhof des ihm anliegenden Radiensystemes verkleinert und der erstere rückt mehr und mehr an die Stelle des letzteren selbst. Hieraus dürfte sich denn die gegründete Vermuthung ergeben, dass die Centralhöfe das Material zu dem Wachsthum der Kerne hergeben; dies besteht in Flüssigkeit und jedenfalls auch eigentlicher Kernmasse, die jedoch zum Theile auch noch durch die Einziehung der Kernfäden vermehrt wird, welche in einigen Fällen sicherlich stattfindet. Je mehr der Centralhof aufgezehrt wird, desto mehr muss natürlich der Kern in seine Stelle rücken, um die verschwundene Masse zu remplaciren. Hat schliesslich der Tochterkern sein Wachsthum vollendet, so ist der Centralhof völlig und mit ihm auch die Strahlung geschwunden.

Das erste Auftreten der Theilung des Zellenleibes selbst fällt etwa in die Zeit der Theilung der Kernplatte und des Auseinanderrückens ihrer Hälften. Die Strahlensysteme haben dann ihre grösste Ausdehnung erlangt und reichen durch den gesammten Dotter hindurch. In der zukünftigen Theilungsebne stossen sie auf einander, ohne dass ich hier schon eine

*) Ohne dass ich nöthig hätte, es besonders hervorzuheben, wird sich sowohl aus den, von mir im Verlaufe dieser Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen, als auch den daran geknüpften Betrachtungen ergeben, dass ich mich den Ansichten meines werthen Freundes Götte bezüglich der Bedeutung des Eies und der Dotterfurchung nicht anschliessen kann, sondern dass die in dieser Arbeit niedergelegten Beobachtungen, meiner Ansicht nach, jeden Gedanken an eine derartige Auffassung des Eies, der Dotterfurchung und der Bedeutung der Befruchtung völlig ausschliessen.

deutlich unterscheidbare Hautschicht wahrgenommen hätte, deren Ausbildung in anderen Fällen ich jedoch nicht läugnen will.

Es fragt sich nun vorerst, hat überhaupt der Kern und seine Umbildung einen Einfluss auf die Theilung der Zelle selbst oder ist dieser Vorgang davon unabhängig. Das letztere ist mehrfach behauptet und zum Theil darauf gestützt worden (Hydra), dass sich in gewissen Fällen während der Theilung gar keine Kerne fänden. Bei der Dotterfurchung halte ich jedoch dieses Fehlen der Kerne für sehr unwahrscheinlich und bin der festen Ueberzeugung, dass dieselben sich bei genauerer Untersuchung finden werden. Ich stimme mit Strasburger darin überein, dass ich dem Zellkern eine wichtige Rolle bei der Theilung zuschreibe, ja in ihm in vielen Fällen die nächste Ursache des eigentlichen Zerfalles der Zelle sehe. Dem steht nicht gegenüber, dass auch Kerntheilung ohne Zellentheilung vor sich gehen kann, denn die Wirkung des Kernes hat jedenfalls ihre Gränzen; sehr grosse Protoplasmamassen können daher nicht durch die Wirkung eines Kernes zur Theilung veranlasst werden, überhaupt aber wird die Wirksamkeit eines solchen in jedem einzelnen Falle von gewissen Bedingungen abhängen, die zu kennen heute noch nicht möglich ist.

Dass jedoch der Kern in einer ursächlichen Beziehung zu der Theilung der Zelle steht, scheint mir aus allen den Fällen mit Sicherheit zu folgen, wo derselbe während der Theilung excentrisch liegt. Hier entsteht regelmässig die Einfurchung an dem dem Kern zunächst gelegenen Theil der Dotteroberfläche, ja diese Erscheinung kann, wie z. B. bei der Dotterfurchung der Coelenteraten, so weit gehen, dass die Einfurchung überhaupt ganz einseitig verläuft. Hier liegt dann aber auch der Kern ganz ungemein weit vom Centrum entfernt, ganz oberflächlich.

Es kann nun nicht meine Absicht sein, hier eine Erklärung für alle die verschiedenen Modi der Zelltheilung zu versuchen, wie sie namentlich auf pflanzlichem Gebiet dadurch hervorgerufen werden, dass das Protoplasma der Zelle auf einen ganz dünnen Wandbelag beschränkt ist, die Hauptmasse derselben hingegen von einem Flüssigkeitsraum gebildet wird; ich will nur versuchen, eine Erklärung für das Einschnürungsphänomen der in Theilung begriffenen thierischen, durchaus protoplasmatischen Zellen zu finden. Ich glaube auch nicht, dass man, wie Hoffmeister meint, alle hierhergehörigen Erscheinungen zugleich erklären müsse, denn hierzu wäre es nothwendig, dass auch die Bedingungen, welche in den einzelnen Fällen vorliegen, genau bekannt wären und dies ist keineswegs so.

Zuerst muss ich jedoch die Strahlensyteme noch einmal in's Auge fassen, um ihre Bedeutung, wenn auch nicht sicher zu stellen, so doch wahrscheinlich zu machen. Fol, Strasburger und früher auch ich haben sie als Attractionscentren angesprochen, Auerbach

als durch Ausströmung des Kernsaftes hervorgerufene Erscheinungen. Wären sie nun auch in der That Attractionscentren irgend einer hypothetischen Kraft, die auf die polaren Dottermoleküle einen richtenden Einfluss ausübt, so bliebe dadurch das Phänomen der Zellentheilung und speciell der Dotterfurchung dennoch gerade so unverständlich wie früher; auch hat noch Niemand versucht, mittelst dieser beiden hypothetischen Anziehungsmittelpunkte den Zerfall einer Zelle in zwei Massen wirklich zu erklären.

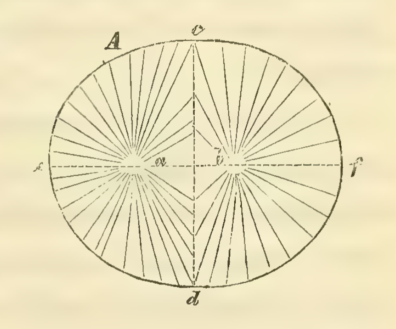
Vor einigen Jahren machte ich, bei Untersuchung der interessanten *Amoeba terricola* Greeff's, die damals nicht weiter beachtete Beobachtung, dass um jede in der Bildung begriffene Vacuole dieses Rhizopoden das umgebende Protoplasma eine zum Centrum der Vacuole gerichtete, radiäre Strahlung annahm (78; Taf. XXVI. Fig. 21). Wie ist nun diese Erscheinung zu erklären? Etwa dadurch, dass die sich bildende Vacuole als Attractionscentrum auf das umgebende Protoplasma wirke, oder bietet sich nicht etwa eine einfachere Vorstellung darin: dass bei dem Wachsthum der Vacuole, wobei also mit Wasser überladenes Protoplasma der nächsten Umgebung dieses in die Vacuole ausscheidet, neues aus der Umgebung heranzieht und so fort, dieser Process, den ich nicht mit Strömungen zu verwechseln bitte, zur Ursache der strahligen Erscheinung oder, wenn man lieber will, die Strahlenbildung zum optischen Ausdruck dieses Processes würde. Ich sehe hierin natürlich keine Erklärung, sondern nur eine Vorstellung des Zusammenhanges beider Erscheinungen.

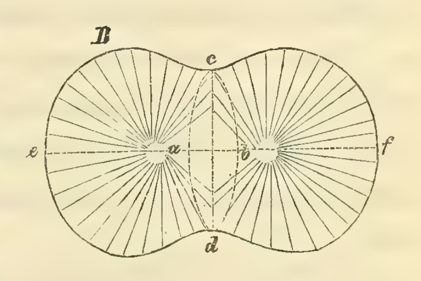
Schliessen wir uns dieser Auslegung der strahligen Anordnung des Protoplasmas um die werdende Vacuole an, so müssen wir auch zugeben, dass die hier statthabenden Erscheinungen in umgekehrter Reihenfolge verlaufen können und dabei doch gleichfalls die strahlige Anordnung des Protoplasmas sich einstellen muss. Das heisst, dass wenn umgekehrt, nicht an einem Punkt des Protoplasmas eine Flüssigkeitsausscheidung, sondern an einer begränzten Stelle ein Eindringen von Flüssigkeit stattfindet, diese radiäre Strahlung gleichfalls um den betreffenden Punkt zur Ausbildung gelangen muss. Letzteren Fall, glaube ich nun, sehen wir bei der Kerntheilung der Furchungskugeln realisirt. Wir haben an den beiden Enden der Kernspindel in den Centralhöfen Anhäufungen von Flüssigkeit und vielleicht noch gewissen sehr wichtigen Stoffen, die vorher im Kern concentrirt waren. Von diesen, von dem umgebenden Protoplasma chemisch stark differenten Centralhöfen aus, muss daher eine allmälige Wechselwirkung, ein allmäliges Eindringen der Stoffe der Centralhöfe in das Protoplasma stattfinden, in Folge dessen die Strahlenerscheinung zur Ausbildung kommt.

Die Annahme lautet daher: dass die strahlige Anordnung des Plasmas um die Centralhöfe der Ausdruck einer von diesen ausgehenden, physicalisch-chemischen Aenderung des Plasmas

sei, wobei eine allmälige Abnahme dieser Aenderung von den Centralhöfen nach der Peripherie hin statt hat, welche von ersteren aus unterhalten wird.

Nehmen wir nun an — und dazu liegen trotz der Einwendungen, welche dagegen erhoben worden sind, die dringendsten Gründe vor — dass das Plasma den Grundgesetzen einer flüssigen Masse gehorcht. Betrachten wir nun die Wirkungen, welche eine derartige Aenderung der Beschaffenheit desselben auf die, als nahezu kugelförmig vorausgesetzte Plasmamasse haben muss. Indem die Aenderung von den beiden Centralhöfen a. und b. (Vergl. die nebenst. Fig. *A*) gleichzeitig ausgeht, ergibt es sich als eine nothwendige Folge,*) dass dieselbe in der Theilungsebne, deren Durchschnitt die Linie *cd* darstellt, am bedeutendsten ist; dass daher auch im Aequator der Kugel die Wirkung sich anhäufen und nach den Polen *f* und *e* hin abnehmen muss. Nun wissen wir aber andererseits auch, dass schon kleine chemische Aenderungen, im Plasma jedenfalls allein schon Differenzen im Wassergehalt, die Oberflächenspannung verändern. Dieser Fall muss daher bei unserer Kugel eintreten. Geschieht die besprochene Zusammensetzungsänderung des Protoplasmas der Kugel in dem Sinne der Vermehrung der Oberflächenspannung, so erhalten wir also eine Kugel mit ungleicher Oberflächenspannung, indem letztere vom Aequator nach den Polen hin abnimmt. Die Folge hiervon ist aber natürlich, dass die Protoplasmakugel ihre Gestalt aufgibt und entsprechend dem Gesetz, dass die Oberflächenspannung dem Krümmungshalbmesser umgekehrt proportional ist, wird sich erst ein Gleichgewichtszustand herstellen, wenn die aequatoriale Krümmung sich vermindert, die polare hingegen sich vermehrt hat. Die Kugel streckt sich daher in die Länge und nähert sich dem Ellipsoid. Die Veranlassung zu dieser Gestaltsveränderung dauert jedoch weiter fort und zwar, da jetzt die Pole sich von den Centralhöfen *a* und *b* noch mehr entfernen, dagegen der Aequator denselben näher gerückt ist, in erhöhtem Maase. Es findet also zunächst eine weitere Abflachung in dem Aequator und Zunahme der Krümmung an den Polen statt. Eine beständige Vermehrung des Moments der Oberflächenspannung im Aequator wird aber schliesslich zu einer Einfurchung





*) Es ist dies zwar nur unter gewissen Bedingungen über die Geschwindigkeit, mit der sich die vorausgesetzte Aenderung der Plasmabeschaffenheit verbreitet, richtig. Dieselben können jedoch wohl als vorhanden angenommen werden.

im Aequator führen müssen (Fig. *B*), da hierdurch der Cohäsionsdruck in der Furche durch die nach Aussen gerichtete, negative Componente bedeutsam vermindert wird. Die jetzt durch die Einfurchung entstandene Form und namentlich die spätere, wenn die Durchfurchung etwa bis zur Hälfte geschehen ist, macht eine genaue Erörterung der Vertheilung des Cohäsionsdruckes über die verschiedenen Partien der Oberfläche des Theilungskörpers sehr schwierig, mir speciell unmöglich. Sollte meine Erklärung ausreichen, so wäre ein Haupterforderniss, dass kein Theil der Oberfläche des Theilungsköpers je eine allseitig concave Einsenkung bilde, denn da in einer solchen der Cohäsionsdruck nach Aussen gerichtet ist, so könnte sie nur durch einseitig von aussen her wirkende Kräfte, die dem Cohäsionsdruck entgegenarbeiteten, zu Stande kommen. Die optischen Durchschnitte des Theilungskörpers lassen sich jedoch mit dieser Forderung, wie mir scheint, vereinigen. *)

So wenig ich auch überzeugt bin, dass der von mir versuchte Weg der Erklärung sich als richtig erweisen dürfte, so glaube ich dennoch, dass durch die eingeschlagene Art der Betrachtung des fraglichen Phänomens vielleicht mit der Zeit die richtige Erklärung gefunden werden könnte und dies veranlasste mich diesen Versuch auch in der rohen Gestalt, welche er jetzt noch besitzt, hier vorzulegen und der eventuellen Prüfung von, mit physikalischen Kenntnissen besser ausgerüsteten Forschern anvertrauen zu sollen.

Dass der seither beschriebene Modus der Kerntheilung nicht in allen Fällen der herrschende ist, lehren uns die Theilungserscheinungen der secundären Nuclei der Infusorien (der eigentlichen Nuclei der früheren Autoren). Wir haben Oben die Art dieser Theilung, die von dem einfach rundlichen oder wenig längsgestreckten Nucleus ausgehend, in einem ziemlich einfachen

---

*) Man ist vielleicht geneigt, diesen Versuch einer Erklärung des Phänomens der eigentlichen Furchung als einen ganz hypothetischen zu betrachten. Um zu zeigen, dass er das nicht ist, sondern dass vielleicht durch das Experiment die Möglichkeit einer derartigen Auffassung zu prüfen sein dürfte, erlaube ich mir hier auf einige physikalische Thatsachen hinzuweisen.

Dass die Oberflächenspannung der Flüssigkeiten schon durch sehr geringe Beimischungen anderer Stoffe sehr wesentlich geändert wird, ist bewiesen durch die so merkwürdigen Erscheinungen, welche die Annäherung verschiedener flüchtiger Körper, unter welchen sich namentlich der Kampher auszeichnet, auf eine Wasserfläche ausüben. Es gehört hierher das Phänomen des auf dem Wasser schwimmenden und sich lebhaft bewegenden Kampherstückchens und namentlich die Möglichkeit, dünne, auf einer reinen Glasplatte ausgebreitete Wasserschichten durch Annäherung eines Kampherstückchens geradezu zu spalten. Man kann in dieser Weise Erscheinungen hervorrufen, welche der Theilung eines Protoplasmakörpers nicht unähnlich sehen. Die Zurückleitung dieser und einer grossen Anzahl sehr ähnlicher Erscheinungen auf eine, durch geringe Mengen aufgenommener Dämpfe veränderte Oberflächenspannung ist von G. van der Mensbrugghe durchgeführt worden und wird hauptsächlich dadurch bewiesen, dass Wasser, in welchem die betreffenden Substanzen vorher schon gelöst sind, die Erscheinungen nicht mehr zeigt (vergl. Sur la tension superficielle des Liquides. Mém. cour. et m. d. sv. étr. de l'Acad. roy. de Belgique. Tab. 34).

Zerfall in zwei, sich allmälig von einander abschnürenden Hälften besteht, näher betrachtet. Als besonders interessant und zur Vergleichung mit der typischen Nucleustheilung auffordernd, muss ich noch besonders hervorheben, dass die Theilung des Infusoriennucleus mit einer so bemerkenswerthen Umbildung seiner Masse verbunden ist, die hierbei eine durchaus faserige, jedoch ganz gleichmässige Beschaffenheit erhält. Wir müssen ungeachtet aller Abweichung in dieser Faserbildung einen Anschluss an den typischen Kerntheilungsprocess erkennen.

Schon Strasburger hat ausgesprochen, dass bei den Protozoën und insbesondere den Infusorien Abweichungen von dem gewöhnlichen Modus der Kerntheilung zu erwarten sein dürften, da wir ja bei diesen Organismen den höchsten Gipfel der Zellendifferenzirung als erreicht zu betrachten hätten. Dies ist nun auch in der That der Fall, wie die Verhältnisse zeigen und was noch viel eigenthümlicher durch den Zerfall des secundären Nucleus bei der Conjugation illustrirt wird. Dieser merkwürdige Theilungsprocess tritt, wie bekannt, in Folge der Conjugation bei *P. Aurelia* und *putrinum*, *Cyrtostomum leucas* und den Vorticellinen ein. Hier zerfällt der secundäre Nucleus, nachdem er wenigstens bei den drei erstgenannten Arten in ein vielfach verzweigtes Band ausgewachsen ist (ähnlich dem normalen Nucleus mancher Acinetinen) in eine grosse Zahl sehr kleiner Theilstücke, für die sich uns keine andere Auffassung als die ebensovieler kleiner Nuclei bietet. Principiell hiervon nicht verschieden ist das Verhalten des Nucleus der Hertwig'schen *Podophrya gemmipara* bei der Knospenbildung, indem sich hier einzelne angeschwollene Zweige des Nucleus als Nuclei der sich entwickelnden Knospen ablösen.

Gesicherte Beobachtungen über Kerntheilung der übrigen Protozoën liegen fast nicht vor, ich führe hier nur die vor kurzer Zeit von F. E. Schultze beobachtete Theilung eines Amoebenkernes (*A. polypodia* M. Sch.) an.*) Der Kern schnürte sich zuerst bisquitförmig ein, dann wurde die Einschnürungsstelle zu einem fadenförmigen Verbindungsstück und riss schliesslich durch. Nach der Kerntheilung erfolgte die der Amoeba selbst. Ueber feinere Structurverhältnisse des sich theilenden Nucleus ist nichts angegeben, obgleich solche wohl sicherlich vorhanden waren, sich jedoch dem Auge am lebenden Kerne verbargen. Es scheint, als wenn sich dieser Theilungsprocess dem der secundären Nuclei der Infusorien zunächst anschlösse, soweit eben die vorliegende Beobachtung ein Urtheil gestattet.

Mit wenigen Worten möchte ich noch auf eine Frage zurückkommen, welche nicht ohne Interesse ist. Wo sind nämlich die Ursachen zu suchen, welche in dem Kern die merkwürdigen

*) Zuerst mitgetheilt bei Flemming (27), später ausführlich geschildert im Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. XI. pag. 592.

Umgestaltungen veranlassen, die schliesslich zur Theilung führen. Man könnte sich etwa vorstellen, dass auch die Ursachen dieser Vorgänge zunächst in dem Kerne selbst lägen und nicht nur die Bedingungen hierzu. Andererseits hingegen wäre es auch erlaubt, die nächste Ursache der Kernmetamorphose in einer Wirkung des umgebenden Protoplasmas zu suchen. So hat Auerbach die Sache aufgefasst, wenn er, nach Beschreibung der Veränderung und schliesslichen Lösung des Kernes, bemerkt: »Wenn ich übrigens soeben der Anschaulichkeit wegen alle Bewegungen als vom Kern ausgehend darstellte, so werden wir doch auch hier, wie bei früheren Gelegenheiten, nicht zweifeln können, dass das Active das Protoplasma selbst ist« (17; pag. 221). Hierfür ist jedoch irgend ein dem thatsächlichen Verhalten entnommener Beweis nothwendig. Ich hege auch dieselbe Vorstellung und sehe eine Begründung derselben darin, dass, wie wir dies namentlich bei der Conjugation, aber auch der gewöhnlichen Theilung der Infusorien hervortreten sahen, die primären Nuclei eines Thieres stets auf demselben Stadium der Entwicklung und namentlich der Theilung angetroffen werden. Ein so gleichmässiges Fortschreiten des Theilungsprocesses von z. B. vier getrennten Kernen drängt uns natürlich dazu, die nächste Ursache in dem umgebenden Protoplasma zu suchen, das auf die sämmtlichen Kerne in gleicher Weise wirkt. Eine weitere Illustration dieser Wirkung, dürfen wir vielleicht auch, in den von mir früher beschriebenen, mehrkernigen Spermatozoënkeimzellen finden, in welchen ebenfalls die zwei bis drei Kerne immer auf gleicher Theilungsstufe gesehen wurden. Aehnliches sahen wir denn auch bei den Theilungsvorgängen weisser Blutkörperchen.

Schliesslich seien mir noch einige Bemerkungen, bezüglich der schon von Strasburger aufgeworfenen Frage, gestattet, ob sich, aus der fundamentalen Uebereinstimmung der Kerntheilung der thierischen und pflanzlichen Zelle, auf eine gemeinsame Abstammung, eine Homologie beider schliessen lasse. Eine bestimmte Antwort auf diese Frage ist derzeit nicht möglich, wie ich mit Strasburger und aus den gleichen Gründen schliessen muss. Dagegen muss ich andererseits wieder, anschliessend an ihn, hervorheben, dass die interessanten Modificationen des Theilungsmodus, die wir bei pflanzlichen, namentlich aber auch thierischen Zellkernen finden, uns die übrigens von vornherein schon sehr begründete Vorstellung erwecken, dass wir es bei der mit der Theilung im Zusammenhang stehenden Kernmetamorphose keineswegs mit einem Vorgang von einfach physikalischer Natur zu thun haben, der sich etwa wie die Bildung eines Krystalles nothwendig in gleicher Weise ereignen müsste, wenn nur die stoffliche Grundlage unter gewissen physikalischen Bedingungen gegeben sei. Schliesslich muss ja die Vererbung auf den in den einzelnen Zellen bewirkten Veränderungen beruhen, die sich auch auf die Nuclei erstrecken, deren Eigenthümlichkeiten in gleicher Weise vererbt werden, wie uns die Infusorien in der mannigfachsten Weise zeigen.

Scheint es nun, da erwiesenermaassen der Theilungsprocess des Nucleus sehr stark modificirt werden kann und dieser abweichende Modus erblich ist, wahrscheinlich, dass die unter so verschiedenen Lebensbedingungen stehenden, thierischen und pflanzlichen Zellen eine so grosse Uebereinstimmung in dem Process der Nucleustheilung zeigen sollten, wenn dieser Vorgang nicht einmal in gleicher Weise für beide fixirt worden wäre?

Aus diesen Gründen möchte es mir daher wahrscheinlich dünken, dass die grosse Uebereinstimmung, welche hinsichtlich der Kerntheilung in der Thier- und Pflanzenzelle herrscht, eine Folge gemeinsamer Abstammung sei. Die Hauptschwierigkeit, welche die Beantwortung dieser Frage bietet, liegt wohl darin, dass uns in den Zellkernen Gebilde entgegentreten, die nicht wie die Zellen nachweislich stets von ihresgleichen abstammen, sondern welche sich in vielen Fällen als etwas völlig neues bilden.

Die ganze Frage selbst jedoch hat vielleicht bei näherer Betrachtung gar nicht die Bedeutung, welche man ihr anfänglich unterzulegen geneigt ist. Ob die grosse Uebereinstimmung im Verhalten des thierischen und pflanzlichen Zellkernes auf gemeinsamer Abstammung oder darauf beruht, dass ein derartiges Verhalten in ihrer Natur überhaupt und unabhängig von gemeinsamer Abstammung begründet ist, ist schliesslich ziemlich gleichgültig. Das Wesentliche hierbei ist die dadurch bewiesene völlige Identität des pflanzlichen und thierischen Nucleus und eben dadurch auch desjenigen Substrates, in und aus welchem derselbe sich bildet, des sogenannten Protoplasmas. Ob hier Abstammung im Spiele ist oder nicht, das Resultat bleibt sich darin gleich: dass nämlich die einfachste Pflanze und das einfachste Thier schliesslich auf dasselbe hinauslaufen, so dass man, selbst wenn sich genau nachweisen liesse, dass Pflanzen und Thiere einen ganz gesonderten, zeitlich und örtlich weit von einander geschiedenen Ursprung genommen hätten, in gewissem Sinne doch von einer gemeinsamen Abstammung beider reden könnte, da die Grundlage, aus der sie sich entwickelten, in allen wesentlichen Punkten dieselbe war.

3. Abschnitt. Ueber das Wesen und die Bedeutung der Conjugation der Infusorien, nebst Bemerkungen über Conjugation und Befruchtung im Allgemeinen.

Durch die vorliegenden Untersuchungen glaube ich gezeigt zu haben, dass die Conjugation der Infusorien in keiner Weise als die Einleitung einer besonderen Fortpflanzungsart aufgefasst werden darf, dass die aus ihr hervorgehenden Thiere wieder den Bau der normalen besitzen und weder im Verlaufe, noch nach der Conjugation eine besondere Art von Fortpflanzungskörpern produciren. Ich muss daher auch jetzt eine Fortpflanzung der Infusorien auf anderem

Wege als durch einfache Theilung oder Knospenbildung (die nur als eine Modification der Theilung aufzufassen ist), für nicht erwiesen halten.

Was hat nun aber, wird man fragen, die mit so complicirten Erscheinungen verbundene Conjugation unserer Thiere für eine Bedeutung, denn dass sie eine hohe Bedeutung für die gesammten Lebensverhältnisse eines Infusors besitze, bedarf keines Nachweises.

Allgemein mich ausdrückend, möchte ich sagen: Die Bedeutung des Conjugationsactes ist eine Verjüngung der ihn begehenden Thiere.

Die Wahrheit dieses Ausspruches lässt sich schon zum Theil in den äusserlichen Veränderungen, welche eine Reihe von Infusorien während und nach der Conjugation erfahren, erkennen. So sehen wir bei den Euploten und Oxytrichinen, soweit dies uns durch die schönen Untersuchungen von Stein und Engelmann bekannt ist, einen grossen Theil des Wimpernsystems der conjugirten Thiere zu Grunde gehen und gegen Ende der Conjugation, sowie nach Aufhebung derselben, sich neu anlegen. Das gleiche gilt für den Mund dieser Infusorien, der ebenso eine völlige Neubildung erfährt. So sahen wir auch bei *Colpidium Colpoda* den Verlust und die spätere Neubildung des Mundes eintreten. Bei *Bursaria truncatella* verlieren die conjugirten Thiere die complicirten Einrichtungen ihres Peristom's vollständig, die also späterhin wieder durch eine Neubildung ersetzt werden müssen. Bei den meisten Infusorien sind jedoch derartige Verjüngungen äusserer Theile bis jetzt nicht gefunden worden und finden daher auch wohl nicht statt. Dagegen erweisen nun meine Untersuchungen eine Verjüngung innerer Theile, nämlich des Nucleus, oder, wie ich ihn nun bezeichnen möchte, des secundären Nucleus.

Wir sahen, dass derselbe bei einigen Infusorien, so namentlich *Stylonichia Mytilus* und *pustulata*, sowie *Blepharisma lateritia* und dann mit aller Wahrscheinlichkeit auch bei *Colpidium Colpoda* und *Glaucoma scintillans* vollständig eliminirt wird und sich dafür aus den Producten des Nucleolus (des primären Nucleus) ein neuer bildet. Bei anderen Infusionsthieren hingegen, so *Euplotes Charon*, fanden wir, dass nur ein Theil des Nucleus ausgestossen wird, ein anderer hingegen zurückbleibt, um sich mit einem später neugebildeten Theil zu vereinigen.

Bei *Param. Bursaria* konnten wir uns überhaupt nicht auch nur von dem Verlust eines Theiles des alten Nucleus überzeugen, sondern sahen neben diesem einen neuen hervorwachsen, der schliesslich zur Vereinigung mit dem alten gelangte. Bei *P. Aurelia* und *putrinum* hingegen schlossen wir, dass sich, in ähnlicher Weise wie bei *P. Bursaria*, die Nucleusbruchstücke mit einem, während der Conjugation neugebildeten Nucleus vereinigen; sollte es jedoch vielleicht dennoch der Fall sein, dass das allmälige Verschwinden dieser Bruchstücke

des alten Nucleus auf ihre Ausstossung zurückzuführen sei, so würde ja das von mir betonte Verhalten nur um so schärfer zur Geltung gelangen.

In allen diesen verschiedenen Modificationen des Verhaltens leuchtet uns eines entgegen, nämlich die Verjüngung des alten, secundären Nucleus, die entweder so weit geht, dass er völlig neugebildet oder aber durch Hinzutritt eines neugebildeten zu dem alten vollzogen wird. Ich glaube daher nicht Unrecht zu haben, wenn ich das Wesen der Conjugation der Infusorien in einer Verjüngung der beiden vereinigten Individuen sehe, einer Verjüngung, welche sich hauptsächlich auf den secundären Nucleus erstreckt und wodurch dessen grosse Bedeutung für die Lebensprocesse unserer Thiere ohne Zweifel hinreichend beleuchtet wird, ohne dass sich jedoch auch schon genau bestimmen liesse, worin sich der Schwerpunkt seines Wirkens hauptsächlich concentrire.

Dass auch im eigentlichen Plasma der conjugirten Thiere ein reger Stoffumtausch stattfinde, erläutert wohl am ehesten die, nicht nur allein bei den Oxytrichinen, sondern auch noch bei anderen Infusorien eintretende, sehr reichliche Bildung feiner, dunkeler Körnchen im Plasma, welche die aus der Conjugation hervorgehenden Thiere häufig relativ sehr undurchsichtig machen.

Durch diese Verjüngung während der Conjugation, erscheinen uns die aus ihr hervorgehenden Individuen, eo ipso schon sehr geeignet, zu den Stammvätern einer Reihe von durch Theilung sich fortpflanzenden Generationen zu werden, im Laufe welcher allmälig ein Sinken der Lebensenergie sich einstellt. Letzterer Umstand findet seinen Ausdruck darin, dass die Grösse der Individuen mehr und mehr sinkt, so dass schliesslich eine gewisse Minimalgrösse, welche jedoch keineswegs bei einer Art immer dieselbe ist, erreicht wird, worauf eine neue Conjugationsepoche mit Verjüngung eintritt.

Dieser Entwicklungsgang, der sich bei *P. putrinum* in zweimaliger Wiederholung hat nachweisen lassen, erklärt daher auch die eigenthümliche Erscheinung, dass es in den meisten Fällen sehr kleine Thiere sind, welche man in Conjugation trifft, eine Erscheinung, die gewiss sehr seltsam wäre, wollte man mit Balbiani gerade diese kleinsten Individuen zur Geschlechtsgeneration machen.

Den Ausspruch aber, welchen ich 1873 (78) nur vermuthungsweise wagte: »Dass das Phänomen der Infusorienconjugation sich den in der Organismenwelt anderweitig bekannten Conjugationserscheinungen wohl näher anschliesse, als dies seither vermuthet wurde,« glaube ich nun wirklich nachweisen zu können.

Was wir in dem Bereich der übrigen Protozoën von Conjugationserscheinungen kennen, ist relativ wenig. Wir wissen, dass dieselbe bei den Gregarinen sicher eine wichtige Rolle

spielt, obgleich ihr Eintreten im Verlaufe der Fortpflanzungserscheinungen nur als ein facultatives bezeichnet werden muss. Ebenso haben wir Kenntniss von ihrem vereinzelten Vorkommen bei den Rhizopoden, doch wurde den hierhergehörigen Erscheinungen bei dieser Abtheilung noch keineswegs hinreichende Aufmerksamkeit geschenkt, um uns in einzelnen Fällen Sicherheit über die Existenz der Conjugation an und für sich, geschweige die durch sie hervorgerufenen Erscheinungen zu geben.

Als erwiesen ist die Conjugation zu betrachten bei *Noctiluca miliaris* durch die Untersuchungen Cienkowski's (91), durch meine Untersuchungen bei *Arcella vulgaris* (80), wobei ich noch bemerke, dass schon Carter*) bei *Euglypha* und *Arcella* die Vereinigung von drei bis vier Individuen auffand, wiewohl ihn gerade dieser Umstand zweifelhaft machte, ob jene Vereinigung mit der Fortpflanzung in Beziehung stehe; er dachte aber hierbei jedenfalls zu sehr an wirkliche Begattung. Gerade die Vereinigung mehrerer Individuen spricht für Conjugation und schliesst die Deutung des Processes als eine Art Häutung aus, wie ich schon früher bemerkte. Bei *Difflugia* will Carter gleichfalls Conjugation gefunden haben. Bei *Cyphoderia margaritacea* und *Pleurophrys fulva* hat F. E. Schultze (85) wieder neuerdings, wie schon früher Archer, auf das häufige Vorkommen zweier, mit ihren Schalenmündungen vereinigter Individuen aufmerksam gemacht. Bei den Foraminiferen (*Triloculina*) liegen Beobachtungen von Gervais über paarweise Vereinigung mit nachfolgender Production lebendiger Jungen vor.**)

Vereinigung vieler Individuen von *Actinophrys* Sol ist schon lange bekannt, dieselben verschmelzen völlig, trennen sich jedoch häufig wieder. Bei *Actinosphaerium Eichhorni* führt die Conjugation nach den Untersuchungen Cienkowski's***) und Schneider's (87) wahrscheinlich zu der Fortpflanzung durch Encystirung; dem widerspricht jedoch F. E. Schultze (84), dagegen erkennt Greeff das facultative Auftreten der Conjugation vor dem Encystirungsprocess an (107; pag. 62). Bei den Radiolarien scheinen Conjugationserscheinungen bis jetzt noch nicht beobachtet worden zu sein.

In reichster und mannigfaltigster Ausbildung hingegen treffen wir die Conjugationserscheinungen in der niederen Pflanzenwelt an, wo sie bei den Tallophyten eine hervorragende Rolle im Gebiete der Fortpflanzungserscheinungen zu spielen berufen sind. Wenn wir jedoch die Conjugationserscheinungen der Tallophyten und hauptsächlich die der Zygosporeen und Zygomyceten, mit den bei den Infusorien sich findenden Verhältnissen vergleichen, so fällt uns

---

*) Ann. a. magaz. nat. history. 1856. II. ser. Vol. XVIII. p. 230. u. 1863. III. ser. p. 257.

**) Compt. rend. de l'Académ. 1847, p. 469.

***) Beiträge zur Kenntniss der Monaden. Arch. f. mikrosk. Anatomie Bd. I. pag. 227.

sofort ein gewichtiger Unterschied auf; es ist dies nämlich die Thatsache, dass bei jenen Algen und Pilzen, wie überhaupt im Pflanzenreich fast durchgängig, eine völlige Verschmelzung (Copulation) der in Conjugation tretenden beiden Zellen stattfindet, wobei sich das Verschmelzungsproduct meist zu einer ruhenden Spore gestaltet. Nun finden wir zwar auch in der Infusorienwelt Conjugationen, die bis zur völligen Vereinigung der zusammentretenden, gleichen Individuen führen, doch habe ich schon früher betont, dass mir dieser, von Engelmann bei *Stylonichia* gefundene Process ein sehr ungewöhnlicher zu sein scheint. Andererseits haben wir aber auch bei den Vorticellinen eine Form der Conjugation, welche zur völligen Verschmelzung des einen, hier viel kleineren Individuums mit dem anderen, grösseren führt. Die während dieser Art der Conjugation an den Nuclei und, wie ich nach neueren Untersuchungen auch behaupten darf, den sogenannten Nucleoli auftretenden Entwicklungserscheinungen machen es gewiss, dass die im Gefolge dieser Conjugationsform stattfindenden Vorgänge sich denen der übrigen Infusorien nahe anschliessen. Da ich jedoch in einer anderen Hinsicht diesen höchst interessanten Conjugationsprocess der Vorticellinen später noch einmal zu betrachten haben werde, so gehe ich vorerst nicht näher auf denselben ein.

Ueberschauen wir aber die Conjugationserscheinungen auf pflanzlichem Gebiete näher, so treten uns doch eine Reihe von höchst interessanten Thatsachen entgegen, die einen Anschluss an die bei den Infusorien sich findenden Verhältnisse gestatten und zwar sind dies die Conjugations- oder Copulationsprocesse der Diatomeen (Bacillariaceen).

Durch die neueren Forschungen auf diesem Gebiete, namentlich die Arbeiten einiger englischen Forscher und die zusammenfassenden Untersuchungen von Pfitzer (93) und später Borscow*) und Schmitz, scheint es sichergestellt, dass die einzige Fortpflanzungsweise der Diatomeen die Theilung ist. Die sogenannten Conjugationserscheinungen führen in verschiedener Weise zur Bildung einer von ihren alten Schalen befreiten, sogenannten Auxospore, die sich eine neue, viel grössere Schale baut, hierauf durch Theilung fortpflanzt und so zur Stammform einer gewissen Reihe von Generationen wird, die sich mehr und mehr verkleinern, bis schliesslich, wenn eine Minimalgrösse erreicht ist, eine neue Verjüngungsepoche mit Auxosporenbildung eintritt und so fort.**)

---

*) Borscow, Die Süsswasserbacillariaceen des südwestlichen Russlands, insbesondere des Gouvernements Kiew, Cernigow und Poltawa. 1. Lief. Kiew 1873 (mir nur durch das Referat von Pfitzer [94; pag. 26] bekannt).

**) Diese Auffassung der Conjugation der Diatomeen wurde schon von A. Braun 1851 ausgesprochen, indem er sich auf die Untersuchungen von Thwaites stützte (vergl. Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. Leipzig 1851. pag. 141, Anmerkung).

Die Auxosporenbildung selbst kann jedoch in sehr verschiedenen Weisen vor sich gehen, von welchen uns hier hauptsächlich drei, die auch allein ganz sicher gestellt scheinen, interessiren. Einmal kann sich eine Mutterzelle direct, ohne Eintritt irgend welcher Conjugationserscheinung, zu einer Auxospore verjüngen (so *Melosira*, *Orthosira*, *Achnanthes*), aber auch zu zweien (*Rhabdonema*); oder aber es treten zwei Mutterzellen zusammen und bilden zwei Auxosporen, ohne jedoch wirklich zu verschmelzen, sondern nur durch Berührung oder kurze theilweise Vereinigung der Plasmakörper beider Zellen (so bei den *Naviculaceae* und *Gomphonemae*). Schliesslich finden wir auch Bildung einer Auxospore aus zwei Mutterzellen durch directe Copulation (Verschmelzung) ihrer beiden Plasmakörper.

Wir sehen also bei den Diatomeen eine nahezu vollständige Reihe der verschiedensten Modificationen der Copulationserscheinungen. Einmal wird das gewöhnliche Resultat der Copulation erreicht ohne jeglichen Zusammentritt zweier Individuen, dann ebenso durch völlige Verschmelzung und schliesslich durch blossen Stoffaustausch mittelst Diffusion oder während einer kurzen und localen Vereinigung der Plasmakörper zweier Individuen. Letzterer Fall schliesst sich direct an den gewöhnlichen Conjugationsprocess der Infusorien an. Bei den Diatomeen wie den Infusorien sind es die kleineren Generationen, die sich zur Conjugation anschicken, bei beiden ist der Erfolg der Conjugation eine Verjüngung der zusammengetretenen Individuen, wodurch sie zu den Stammeltern einer Reihe von durch Theilung sich fortpflanzenden und allmälig herabsinkenden Generationen werden, welche ihren schliesslichen Abschluss durch Eintritt einer neuen Conjugationsepoche finden.

Von höchstem Interesse erscheint uns hierbei der von den Diatomeen gelieferte Beweis, dass eine derartige Verjüngung gar nicht nothwendig eine vorhergehende Conjugation erfordert, so dass also die Conjugation nur als eine später zur Unterstützung herangezogene Einrichtung aufgefasst werden dürfte.

Ueberblicken wir die gesammte Reihe der Conjugationserscheinungen auf pflanzlichem Gebiet, so sehen wir als einen gemeinsamen Character stets die Erscheinung wiederkehren, dass das Conjugationsproduct sich einer erhöhten Fortpflanzungsthätigkeit durch Theilung erfreut, möge sich dieselbe nun durch die nach einer Ruhepause eintretende Keimung und Bildung einer neuen Pflanze oder durch Zerfall in Schwärmsporen, durch complicirte Sporenbildungsprocesse wie bei den Myxomyceten oder durch eine erhöhte Theilungsfähigkeit des, den zur Conjugation sich vereinigten Thieren gleichwerthigen Conjugationsproductes äussern, wie bei den Diatomeen.

Dasselbe finden wir auch bei den thierischen Conjugationsprocessen. Denen mancher Pflanzen

schliessen sich wohl zunächst die Copulationserscheinungen der Gregarinen an.*) Die Infusorien hingegen nähern sich, wie gesagt, in Bezug auf ihre Conjugationsvorgänge zum Theile wenigstens den Diatomeen. Die Conjugationserscheinungen der Rhizopoden und thierischen

---

*) In neuester Zeit hat A. C. J. Schneider (104) eine sehr merkwürdige Fortpflanzungsweise bei *Gregarina ovata* des Ohrwurms und *Gr. cuneata* des Mehlwurms beschrieben. Der Inhalt der grossen und kleinen Cysten treibt nämlich, nachdem sie in Wasser gelegt worden sind, lange Schläuche, die an verschiedenen Stellen die dicke Cystenhülle durchbrechen und nachdem sich ihre Enden geöffnet haben, eine grosse Anzahl kleiner, kern- und bewegungsloser, zu Ketten vereinigter Sporen entleeren, über deren zukünftiges Schicksal nichts mit Sicherheit ermittelt wurde. Bei *Gr. cuneata* hatte schon Stein 1848, wie auch Schneider angibt, diese Fortpflanzungsweise, jedoch nicht ganz vollkommen ermittelt. In den 1857 erschienenen *Icones zootomicae* von V. Carus findet sich jedoch eine von Stein herrührende Abbildung einer Cyste der *Gr. blattarum* aus dem Koth von *Blatta orientalis* (Taf. I. Fig. 5), wo Stein die Sporoducte Schneiders mit den durchtretenden Sporen schon völlig wie Letztrer wiedergiebt. Schneider hält eine derartige Fortpflanzungsweise für ohne allen Vergleich mit sonstigen bekannten Erscheinungen auf thierischem, wie pflanzlichem Gebiet, er glaubt höchstens an eine sehr entfernte Aehnlichkeit seiner Sporenkanäle mit den Pollenschläuchen denken zu dürfen. So fern liegt aber ein viel treffenderer Vergleich dieser Schläuche mit Erscheinungen bei der Fortpflanzung vegetabilischer Organismen nicht.

Bekanntlich bilden die Angehörigen der zuerst von A. Braun entdeckten, sehr merkwürdigen Gruppe einzelliger, schmarotzender Pilze, die sogenannten Chytridieen (Näheres über die Literatur vergl. bei de Bary [98; pag. 226]) ganz ähnliche Schläuche in Ein- oder Mehrzahl zur Entleerung der zahlreichen kleinen Schwärmsporen, in welche das gesammte Protoplasma des Pilzes bei der Fructification zerfällt. Der wesentlichste Unterschied bei der von Schneider beschriebenen Fortpflanzung der Gregarinen bestände darin, dass die Sporen cilienlos sind und daher nicht schwärmen und dass das Protoplasma der encystirten Gregarinen nur zum kleinsten Theil bei dieser Fortpflanzung verbraucht wird. Die Chytridieen sind jedoch äusserliche und innerliche Schmarotzer, die meist Pflanzen, jedoch auch niedere Thiere bewohnen. Finden sie sich im Innern von Algenzellen, so treiben sie die Sporenschläuche durch die Zellhaut in's Freie und ebenso verhalten sie sich auch dann, wenn sie Thiere, z. B. encystirte Infusorien inficirt haben. Stein beschrieb schon 1850 (Zeitschr. f. wiss. Zoologie III, pag. 475) eine eigenthümliche Fortpflanzung encystirter *Vorticella microstoma*, wo sich eine Anzahl Fortsätze von dem encystirten Vorticellenkörper erhoben, die Cystenwand durchbrachen, sich öffneten und eine grosse Zahl Schwärmsporen entleerten (vergl. auch 60; Taf. IV. Figg. 52 und 53). Dieselbe Erscheinung hat später Cienkowski bei encystirten *Nassula* (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. VI, pag. 301) und Stein bei *Stylonichia pustulata* und *Oxytricha mystacea* beobachtet (67; Taf. IX. Fig. 16 u. pag. 105—106), zugleich aber darauf aufmerksam gemacht, dass hier sicherlich keine Fortpflanzung des Infusors, sondern die Entwicklung eines parasitischen Pilzes vorliege. Dieser Pilz gehört ohne Zweifel zu den Chytridieen; schon Cohn (Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. IX, pag. 143) wies auf die völlige Aehnlichkeit, welche diese Erscheinungen an Infusoriencysten mit den Fortpflanzungsvorgängen des *Chytridium endogenum* A. Br., das im Innern von Pflanzenzellen schmarotzt, haben.

Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen ist es nun vorerst kaum möglich, den Verdacht völlig zu beseitigen, dass die von Schneider beschriebene Fortpflanzungsweise der Gregarinen nicht auch in das Gebiet der parasitischen Bildungen gehöre, die der Reihe nach als Fortpflanzungserscheinungen der Protozoën aufgeführt worden sind. Sollte aber hier wirklich ein Fortpflanzungsprocess der Gregarinen vorliegen, so bliebe nichtsdestoweniger seine grosse Uebereinstimmung mit der Sporenbildung der Chytridieen sehr bemerkenswerth. Ein zweiter Punkt, nämlich die Entstehung der Sporen der übrigen Gregarinen, der echten Pseudonavicellen, scheint mir jedoch in gleicher Weise für den nahen Anschluss der Fortpflanzungserscheinungen dieser Protozoen an ähnliche Processe auf pflanzlichem Gebiet zu sprechen. Es ist nämlich gewiss nicht zutreffend, den

Flagellaten harren noch einer näheren Untersuchung, dennoch scheint es mir sehr wahrscheinlich, dass die Zoosporenbildung der *Noctiluca*, die Bildung der Amoebenbrut bei *Arcella* und der Keimkugeln von *Actinosphaerium* mit Conjugation in Zusammenhang steht, obgleich es uns keineswegs unbegreiflich erscheinen würde, wenn diese Fortpflanzungsprocesse auch zuweilen ohne vorherige Conjugationsprocesse eintreten würden. Ueber die Encystirung des *Actinosphaerium* hat neuerdings Greeff (107) eine sehr interessante Mittheilung gegeben, nach welcher das *Actinosphaerium* innerhalb seiner Cyste zuerst durch Theilung in zehn bis zwölf Kugeln zerfalle, die sich nun ihrerseits durch paarweise Verschmelzung zur Hälfte reducirten. Diese Vorgänge bieten uns bemerkenswerthe Beziehungen zu gewissen, mehrfach behaupteten, wenn auch, wie es scheint, noch nicht mit völliger Sicherheit erwiesenen Erscheinungen bei der Conjugation der Diatomeen. So wurde von Borscow neuerdings, wie früher schon von Johanna Lüders, angegeben, dass jede Mutterzelle der zusammengetretenen Cocconemen sich zu zwei Tochterzellen theile, die sich später wieder zur Bildung der Auxospore vereinigten. Dem widerspricht jedoch Schmitz. Ebenso nach Lüders auch bei *Achnanthes subsessilis*, wo jedoch gar kein wirklicher Conjugationsact stattfindet und nur eine Mutterzelle den erwähnten Process durchmacht (Bot. Zeitung. 1862. p. 86).

Auf botanischem Gebiete ist es seit langer Zeit anerkannt, dass von der einfachen Copulation zweier, soweit sichtbar, gleichwerthiger Individuen ein ganz allmäliger Uebergang zur wirklichen Befruchtung, der Verschmelzung von sehr ungleichwerthigen Individuen, der Oospore und des Spermatozoids oder doch dem diffusionellen Austausche*) der männlichen und weiblichen Geschlechtsproducte, wie namentlich bei den höheren Pflanzen, hinüberführt. Diese schon in den fünfziger Jahren von de Bary (95) ausgesprochene Ansicht hat neuerdings durch

---

Entstehungsprocess der Pseudonavicellen einfach mit einem Furchungsprocess zu vergleichen, wie dies schon mehrfach geschah (vergl. Kölliker [92] und Claus, Lehrbuch der Zoologie, 3. Aufl. pag. 146). Es scheint vielmehr, dass es sich hierbei, in ähnlicher Weise wie z. B. bei der Sporenbildung der Chytridieen und mancher anderen Pilze, um eine endogene Erzeugung handelt, der wahrscheinlicher Weise, ebenfalls wieder ganz wie bei gewissen Chytridieen (vergl. de Bary und Woronin, Beiträge zur Kenntniss der Chytridieen. Bericht der naturf. Gesellsch. z. Freiburg. Bd. III. 3. Heft, pag. 22), eine Theilung der encystirten Gregarine in eine Anzahl Kugeln vorausgeht (vergl. Lieberkühn für die *Monocystis* des Regenwurms). Immerhin erfordert jedoch dieser Punkt in der Fortpflanzungsgeschichte der Gregarinen noch weitere Aufklärung.

In einer mir erst nachträglich bekannt gewordenen, neuen Mittheilung (Compt. rend. 1875, pag. 432) hat Schneider die Aehnlichkeit zwischen der von Stein und ihm beschriebenen Fortpflanzungsweise gewisser Gregarinen mit der der Chytridieen anerkannt, glaubt dieselbe jedoch nur für eine äusserliche Analogie halten zu dürfen.

*) Auch eigentliche Conjugationsprocesse scheinen sich ja zuweilen durch blossen Diffusionsaustausch zwischen den zusammentretenden Individuen zu vollziehen, wie die Diatomeen und Peronosporeen lehren.

die Pringsheim'sche Entdeckung der Conjugation der Schwärmsporen bei Volvocineen (*Pandora morum*) und die hieran geknüpfte, morphologische Vergleichung der beiderlei Geschlechtsproducte bei höheren Pflanzen eine wesentliche Stütze erhalten. Dagegen hat jedoch kürzlich Cienkowski bemerkt, dass man in den einfachen Verschmelzungserscheinungen, so namentlich bei Actinosphaerium, den Myxomyceten, Zoosporen und Noctilucen keine wirkliche Befruchtung, sondern nur eine beschleunigte Ernährung oder, wie er auch sagt, Assimilation zu erkennen habe (91). Dieselbe Ansicht ist später von Hertwig und Lesser hinsichtlich der so häufigen Verschmelzung vom *Actinophrys* Sol geäussert worden (76).

Selbst wenn man die keineswegs klare Vorstellung der erhöhten Ernährungsfähigkeit der durch Verschmelzung entstandenen Individuen zugibt, so kann es doch andererseits keinem Zweifel unterliegen, dass Verschmelzungen ganz derselben Art auch direct zu der Einleitung eines Fortpflanzungsprocesses führen, der sich auf das innigste an den durch wirkliche Befruchtung hervorgerufenen Vermehrungsprocess anschliesst, wo von einer erhöhten Assimilationsfähigkeit meist keine Rede sein kann. Es ist daher gewiss gerechtfertigt anzunehmen, dass auch in diesen einfachsten Verschmelzungsprocessen, selbst wenn sie zunächst nur eine Erhöhung der Assimilationsfähigkeit zur Folge hätten, dennoch nebenherlaufende Einflüsse zur Wirkung kommen, die jenen entsprechen, welche wir bei der wahren Befruchtung als wirksam voraussetzen müssen. Je mehr diese Letzteren in erhöhtem Maasse zur Geltung kommen, desto mehr wird sich der ganze Vorgang einer wirklichen Befruchtung nähern. Eine Potenzirung der Wirkung ist ja an und für sich gewiss, wenn wir das männliche Conjugationsindividuum mehr und mehr an Grösse gegen das weibliche abnehmen sehen.

Ich glaube daher sicher, dass nichts im Wege steht, die Verschmelzungsprocesse der einzelligen, niederen Organismen mit dem Befruchtungsact zu vergleichen*) und in diesen Vorgängen die ersten Anfänge zur Ausbildung der Geschlechtsverhältnisse zu erkennen, von denen es sicher ist, dass sie schon auf den niedersten Stufen der Organisation zu einer relativ hohen Ausbildung und Bedeutung gelangt sein müssen, da sie in so übereinstimmender Weise schon an den tiefsten Grenzen der beiden organischen Reihen angetroffen werden.

Auf dem Gebiete der Thierwelt ist es seither nicht in der Weise wie in dem Pflanzenreich versucht worden, Conjugation und Befruchtung als zwei wesentlich gleiche Vorgänge zu betrachten. Einmal war der Befruchtungsact trotz aller Untersuchungen in mancher Hinsicht immer noch etwas zweifelhaft und dann fehlte es an hinreichenden Untersuchungen über

*) Schon Joh. Müller verglich 1838 in seinem Lehrbuch der Physiologie die Conjugation der Algen mit der Befruchtung (Bd. 2. pag. 656).

Conjugationserscheinungen auf thierischem Gebiete überhaupt, denn die Conjugation der Infusorien war völlig missverstanden worden.

Jetzt aber ist es, wie ich glaube, gestattet, die Conjugationserscheinungen der Infusorien mit dem Befruchtungsvorgang selbst zu vergleichen und der nähere Verlauf beider Processe wird uns sogar einige Anhaltspunkte liefern, welche die Berechtigung dieses Vergleiches bedeutsam zu erhöhen im Stande sind.

Der Befruchtungsact läuft bei den höheren Thieren, so weit bekannt, auf eine völlige Verschmelzung von Spermatozoon und Eizelle hinaus. Die gewöhnliche Art der Conjugation der Infusorien unterscheidet sich hiervon, da eine völlige Verschmelzung nicht stattfindet. Bei den Vorticellinen hingegen sehen wir in der That, wie die aus mehrfacher Theilung hervorgegangenen, kleinen Knospensprösslinge, die männlichen Individuen, einen völligen Verschmelzungsprocess mit den grösseren weiblichen Individuen eingehen. Hier haben wir also schon eine völlige Differenzirung der zur Conjugation gelangenden Individuen und damit verbunden eine totale Verschmelzung derselben. In ihrem Wesen unterscheiden sich jedoch die Conjugationsvorgänge der Vorticellinen nicht von jenen der anderen Infusorien, wie ich auf neuere Untersuchungen derselben gestützt, mit Bestimmtheit behaupten kann. Bei der Mehrzahl der Infusorien hingegen, wo eine Verschmelzung nicht stattfindet und die sich conjugirenden Individuen völlig gleichwerthig, auch bezüglich der in Folge der Conjugation eintretenden, eigenthümlichen Umbildungsprocesse, erscheinen, müssen wir jedes Individuum gegenüber dem anderen als das männliche betrachten und umgekehrt. Man kann daher hier wirklich von hermaphroditischen Plastiden im Häckel'schen Sinne reden (vergl. Häckel, Generelle Morphologie. Bd. II. pag. 61).

Betrachten wir uns aber die in Folge der Befruchtung oder Conjugation statthabenden Processe, so fällt uns sogleich ein Umstand auf, dessen Bedeutung zwar leider bis jetzt wegen mangelnder Untersuchungen nicht ganz zu würdigen ist, der jedoch so wichtig erscheint, dass er eine nähere Besprechung verdient.

Wir sahen bei einer Anzahl Infusorien in Folge der Conjugation eine völlige Ausstossung des secundären Nucleus stattfinden und haben andererseits beobachtet, dass nach der Befruchtung der Kern der Eizelle eliminirt wird. Wir würden nicht anstehen, diese beiden Erscheinungen in näheren Zusammenhang zu bringen, wenn eben bis jetzt eine grössere Uebereinstimmung darüber erreicht wäre, ob die Kernausstossung der Eizelle thatsächlich eine Folge der Befruchtung sei. Ich glaube nicht, dass bis jetzt bei einem Thier mit völliger Sicherheit der Nachweis erbracht ist, dass diese Ausstossung wirklich vor der Befruchtung sich ereignen kann;

aber es ist natürlich, bei den sich entgegenstehenden Ansichten der Forscher, in dieser Frage vorerst keine Sicherheit zu erreichen. *)

Eine zweite Art, sich der Lösung derselben zu nähern, wäre die Untersuchung der Entwicklung unbefruchteter Eier. Bis jetzt ist bei keinem unbefruchtet sich entwickelnden Ei, namentlich den zu diesen Beobachtungen geeigneten Sommereiern der Räderthiere, ein Richtungsbläschen gesehen worden, es haben aber die Untersuchungen nicht den Grad von Sicherheit, um die Nichtausstossung des Eikernes im unbefruchteten Eie zu erweisen.

Eine weitere Frage erhebt sich, wenn wir die Neubildung des Kernes der ersten Furchungskugel bei den thierischen Eiern betrachten. Bei der Neubildung des secundären Kernes der Infusorien, in Folge der Conjugation, sahen wir, dass dieselbe von den in rudimentärem Zustand vorhandenen, primären Kernen (den sogen. Nucleoli) ausgeht. Nun lässt sich aber mit Recht die Frage aufwerfen, ob denn die in der ersten Furchungskugel sich bildenden Kerne wirklich völlige Neubildungen darstellen? Durch die Verschmelzung mit dem Spermatozoon

*) Ich muss hier daran erinnern, dass es nach den Untersuchungen von Selenka über die Entwicklung von *Purpura lapillus* den Anschein hat, als wenn bei dieser Schnecke, deren Eierkapseln bekanntlich mehrere hundert Dotter enthalten, von welchen sich jedoch nur ganz wenige zu Embryonen entwickeln, eben nur diese letzteren Dotter wirklich befruchtet worden seien. Aus den Mittheilungen Selenka's scheint sich ferner zu ergeben, dass nur aus den sich entwickelnden Dottern die Richtungsbläschen austreten, obgleich auch die unfruchtbaren Dotter einen unregelmässigen Zerklüftungsprocess zeigen. Möglicherweise liegt hier ein sehr geeignetes Object zur Entscheidung der oben aufgeworfenen Frage vor (vergl. Selenka, Die Anlage der Keimblätter bei *Purpura lapillus*. Niederl. Archiv f. Zoologie. Bd. I. 1872). Ich darf hingegen auch nicht verschweigen, dass nach Lacaze-Duthiers bei Dentalium die Richtungsbläschen auch aus nicht befruchteten Dottern austreten sollen (vergl. Lacaze-Duthiers, histoire de l'organisation et du développem. du Dentale. 2. part. Ann. des. sciences nat. Zoolog. 4 sér. T. VII.) L.-D. bemerkt p. 208: „Je puis en toute certitude affirmer qu'elle n'est pas la conséquence de la fécondation, puisque je l'ai rencontrée dans la coque d'oeufs pondus par une femelle isolée, et n'ayant pas été en raport avec les mâles. C'est une observation importante qu'il m'a été donné de répéter plusieurs fois. *Il faut cependant ajouter que la sortie de la gouttelette* (Richtungskörperchen Ref.) *est moins constante dans le cas de nonfécondation, et qu'elle est aussi moins régulière.* J'ajoute pour ne laisser aucun doute sur le valeur des observations, que les oeufs étaient tous trop frais pour qu'on put supposer une altération semblable à celle dont j'ai parlé plus haut" (dass sich nämlich unter pathologischen Verhältnissen von der Dotteroberfläche Sarkodetröpfchen ablösen, s. p. 207). Ich unterlasse es, die Tragweite dieser wichtigen Beobachtung von Lacaze-Duthiers etwa dadurch in Zweifel ziehen zu wollen, dass Clarke (Ann. a. magaz. of. nat. history. 2 s. vol. IV. 1849. p. 328) in dem Ovarium zuweilen spermatozoonartige Fäden gesehen haben will. Erinnern wir uns noch der früher angeführten Untersuchungen von Bischoff (114), der bei unzweifelhaft unbefruchtet gebliebenen Eiern vom Schaf und Schwein Richtungsbläschen gefunden haben will, so scheint die Wage sich mehr der Ansicht zuzuneigen, welche die Ausstossung des Keimbläschens als unabhängig von der Befruchtung betrachtet. Dagegen muss ich wieder die Beobachtungen A. Müller's (113) hervorheben, der bei Petromyzon die eigenthümlichen Prozesse, welche zur Ausstossung der Richtungsbläschen führten, nur in befruchteten Eiern wahrgenommen hat. Auch Quatrefages sah bei *Teredo* in den unbefruchteten Eiern die Richtungsbläschen nicht erscheinen, scheint dieselben jedoch nicht lange genug verfolgt zu haben, um ihr Nichtauftreten mit Sicherheit zu entscheiden.

wird der Eizelle auch noch ein zweiter Kern, nämlich der des Samenkörperchens, zugeführt, der in den reifen Samenfäden meist in einem ähnlich verdichteten Zustand sich findet, wie ihn die primären Nuclei der Infusorien gewöhnlich zeigen. Was geschieht nun mit diesem Kern, geht er zu Grunde oder liefert er durch Theilung die Anlagen, aus welchen die Kerne der ersten Furchungskugel hervorwachsen. Obgleich die Lösung dieser Frage durch Beobachtung vorerst auf vielleicht unüberwindliche Schwierigkeiten stossen dürfte, glaube ich dennoch, dass die Analogien mit dem Conjugationsvorgang der Infusorien ihre Entscheidung in dem letztgenannten Sinne sehr viel wahrscheinlicher machen. *)

Das Verhalten des oder der Zellkerne bei den Conjugationserscheinungen anderer Organismen lässt, so weit darüber bis jetzt etwas bekannt ist, keine Analogien mit dem bei den Infusorien gefundenen Verhalten erkennen. Bei *Noctiluca miliaris* sollen nach Cienkowski die Nuclei der conjugirten Thiere entweder gesondert bleiben oder verschmelzen (91); ebenso sollen bei der Copulation der Acinetinen die Nuclei verschmelzen (vergl. Clap. und Lachm. [62]); bei *Actinosphaerium Eichhorni* findet sich vielleicht gleichfalls eine Vereinigung der Nuclei nach den Untersuchungen Schneider's. Eine derartige Nucleusvereinigung darf vielleicht auch als ein Verjüngungsprocess aufgefasst werden, sie jedoch einen Conjugationsprocess mit Schneider zu bezeichnen, halte ich nicht für angezeigt, da hierdurch der Begriff der Conjugation, der sich auf die Zelle als solche bezieht, auf einen Theil derselben übertragen wird, wodurch vorerst nur Verwirrung hervorgerufen werden dürfte.

---

*) Häckel's erste ontogenetische Entwicklungsstufe, das sogenannte Monerulastadium, den Cytodenzustand der Eizelle, nach Verschwinden des Keimbläschens, kann ich vorerst nicht anerkennen (vergl. hauptsächlich „die Gastrula u. die Eifurchung der Thiere". Jenaische Zeitschrift. Bd. IX. p. 137). Bei sehr vielen Thieren wird, wie hervorgehoben, das Keimbläschen erst nach der Befruchtung, Concrescenz mit einem Spermatozoon, eliminirt. In diesem Fall ist es daher voreilig, von einem Cytodenzustand der Eizelle zu sprechen, bevor irgend ein Nachweis darüber erbracht ist, was mit dem Spermatozoon und speciell dessen Kern geschieht. Denn durch die Vereinigung mit dem Spermatozoon erhält die Eizelle einen Kern zugeführt, ist also auch nach Ausstossung des Eikernes nicht kernlos. Ich muss um so mehr auch die theoretisch nothwendige Voraussetzung eines Monerulastadiums verneinen, als wir ja bei Protozoën (speciell Infusorien) jetzt mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit das Vorkommen eines Cytodenstadiums bezweifeln müssen und dennoch wird man wohl keinen Anstand nehmen, dieselben phylogenetisch von einem ursprünglichen Cytodenzustande herzuleiten. Es darf als eine Eigenthümlichkeit der Zelle betrachtet werden, dass sie ihre Organisation, bei ihrer jedenfalls ursprünglichsten und einfachsten Fortpflanzungsweise durch Theilung, auf ihre Sprösslinge überträgt; es ist daher auch theoretisch vorerst nicht einzusehen, dass eine zur Bildung eines Kernes gelangte Zelle im Laufe ihrer Entwicklung nothwendig wieder einmal zum Cytodenzustand zurückkehren müsse. Der Cytodenzustand der Eizellen wird auch von Häckel als ein Rückschlag in Anspruch genommen, ein Rückschlag aber kann wohl einmal oder häufiger vorkommen, ist jedoch an und für sich keine Forderung des biogenetischen Grundgesetzes.

Bei den Myxomycetenschwärmern sollen nach de Bary die Kerne und die contractilen Vacuolen im Moment des Verschmelzens verschwinden, ein Verhalten, welches, wenn richtig, doch etwas gegen die Assimilationshypothese Cienkowski's spricht. (98; p. 304.) Sachs hingegen gibt in der 4. Auflage seines Handbuches (p. 267) eine etwas andere Darstellung, es heisst da: „späterhin verschwindet der Zellkern der Amoeben, ihre Bewegung wird träger und die Conjugation beginnt.“ Hiernach scheint also der Kern auch schon vor der Conjugation schwinden zu können. Andere Beobachtungen sind mir hinsichtlich des Verhaltens der Zellkerne bei der Copulation nicht bekannt.

Halten wir an dem Vergleich der sich conjugirenden Infusorien und der Befruchtung fest, und ich glaube gezeigt zu haben, dass die Berechtigung hierzu nicht fehlt, so folgt hieraus auch die Möglichkeit, das fernere Verhalten der Conjugationsproducte, also in dem einen Falle das des verjüngten Infusors, in dem anderen das der befruchteten Eizelle, zu vergleichen. In beiden Fällen sehen wir eine energische Vermehrung durch Theilung eintreten, die in dem letzteren Falle zur Bildung eines vielzelligen Organismus, in dem ersteren hingegen zur Entstehung einer Reihe von Generationen führt, von welchen man annehmen mag, dass sie ihren Abschluss gefunden haben, wenn die ersten zwei Thiere sich wiederum zur Conjugation anschicken. Morphologisch müsste man daher die Summe aller der Einzelindividuen dieser Generationen, mit einem, aus der Eizelle hervorgegangenen und sich selbst wieder zur Eibildung anschickenden, vielzelligen, höheren Organismus vergleichen. Denken wir uns die aus einem conjugirten Infusor, z. B. einer Vorticelle*) mit knospenförmiger Conjugation, hervorgegangenen Individuen sämmtlich zu einer Colonie vereinigt (z. B. ähnlich wie die Flagellaten-Colonien und die Häckel'schen Cattalacten) und lassen wir die Fähigkeit zur Conjugation, allmälig auf gewisse Zellen der Colonie (vielleicht ursprünglich nur die in der Theilung am weitesten fortgeschrittenen) durch Eintritt von Arbeitstheilung sich localisiren, welche Zellen dann zu den Stammältern neuer Colonien würden, so erhalten wir das Bild eines einfachsten thierischen Organismus mit geschlechtlicher Fortpflanzung.

---

*) Ich brauche wohl hier kaum besonders zu bemerken, dass ich nicht etwa die Vorticellen zum Ausgangspunkt mehrzelliger Thiere machen möchte. Es ist jedoch vielleicht nicht uninteressant hinsichtlich eines solchen Entwicklungsganges, dass ich bei meinen Untersuchungen auf Flagellaten-Colonien stiess, welche den ersten Schritt zur Bildung einer physiologischen Individualität gethan zu haben schienen, indem mir ihre Fortpflanzung durch spontane Theilung der gesammten Colonien fast unzweifelhaft wurde.

Anhang.

Nachdem ich das Manuscript der vorliegenden Abhandlung schon im Laufe des Octobers 1875 vollständig bis auf einige literar-historische Zusätze abgeschlossen hatte — die beschriebenen Beobachtungen hatten ihren Abschluss schon in der Mittes dieses Jahres gefunden*) — wurde ich durch das Erscheinen zweier Arbeiten überrascht, die zu innig mit dem Gegenstande meiner Untersuchungen zusammenhängen, als dass ich dieselben nicht noch einer näheren Besprechung unterziehen sollte, der ich, diesen Anhang zu widmen, für gerathen erachte.

Die uns zunächst berührende Abhandlung verdanken wir den Bemühungen O. Hertwig's und sie betrifft die Vorgänge der Befruchtung und Furchung des Eies von *Toxopneustes lividus* (118). Obgleich die Wissenschaft im Allgemeinen und ich im Speciellen O. Hertwig für seine schönen Untersuchungen, die hinsichtlich der thatsächlichen Vorgänge während der Theilung des Dotters nahezu völlig mit den von mir schon früherhin und ausführlich in dieser Arbeit mitgetheilten Untersuchungen übereinstimmen, zu grossem Danke verpflichtet sind, so kann ich mich dennoch keineswegs in sehr wesentlichen Punkten den, von Hertwig in Bezug auf die Befruchtungsvorgänge entwickelten Anschauungen anschliessen, ohne jedoch hierdurch das Thatsächliche seiner betreffenden Untersuchungen in Frage stellen zu wollen.

Vorerst fragt es sich, welche Beschaffenheit zeigt uns das reife, befruchtungsfähige Ei. Hierauf lautet die Antwort Hertwig's: »Zur Reifezeit des Eies erleidet das Keimbläschen eine regressive Metamorphose und wird durch Contractionen des Protoplasmas an die Dotteroberfläche getrieben. Seine Membran löst sich auf, sein Inhalt zerfällt und wird zuletzt vom Dotter wieder resorbirt, der Keimfleck aber scheint unverändert erhalten zu bleiben, in die Dottermasse selbst hineinzugelangen und zum bleibenden Kern des reifen, befruchtungsfähigen

---

*) Ich glaube es nochmals besonders hervorheben zu müssen, dass meine Arbeiten über die ersten Entwicklungserscheinungen, die Zelltheilung etc. ganz unabhängig von denen Auerbach's begonnen worden sind und dass ich auch namentlich, wie aus meiner ersten vorläufigen Mittheilung hervorgeht, schon vor dem Erscheinen der »Organologischen Studien« die Entdeckung der sich theilenden Kernspindel gemacht hatte, wodurch die weitere Richtung meiner Arbeit wesentlich bestimmt wurde. Ich muss mich daher ganz bestimmt dagegen aussprechen, dass die Auerbach'schen Publicationen, wie der Verfasser anzunehmen scheint (vergl. Zur Lehre von der Vermehrung der Zellkerne. Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1876. No. 1), meine Arbeiten in irgend einem wesentlichen Punkte beeinflusst oder hervorgerufen hätten, wie sehr ich auf der anderen Seite einem Jeden das *suum cuique*, auch bis auf die Anregung und Leitung des forschenden Geistes auf gewisse Bahnen, zuzugestehen geneigt bin.

Eies zu werden« (vergl. pag. 11 d. Sep.-Abdrs.). Ich will an dieser Stelle keine Bedenken gegen die Deutung des Kernes des reifen Eies als erhalten gebliebener Keimfleck erheben, wiewohl mir dies nicht so schwer erscheint, da der Keimfleck des Seeigeleies wie der anderer Eier, sich als ein homogener, dichter und daher dunkeler Protoplasmakörper darstellt, der spätere Eikern hingegen als ein ganz lichter, heller Körper. Eine blosse Wirkung des Contrastes, bezüglich der verschiedenen Lagerung des Keimfleckes und des Eikernes, hierin zu erkennen, wie Hertwig will, scheint mir nicht statthaft, denn wenn auch der Keimfleck bei seinem Uebertritt in den Dotter im nicht comprimirten Ei relativ hell gegen die Umgebung erscheinen wird — ähnlich wie dies z. B. bei sehr körnerreichen Infusorien hinsichtlich des Nucleus häufig der Fall ist — so müsste derselbe doch, bei hinreichender Pressung des Eies oder bei der Isolirung, sich gegenüber dem Protoplasma des Dotters, als dichter leicht erkennen lassen. Doch ich lasse diese Angelegenheit, wie gesagt, dahin gestellt und bemerke nur noch, dass Derbès, der die Eier von *Psammechinus esculentus* untersucht hat (112), sich nicht ganz in der Weise ausdrückt, wie es Hertwig (pag. 21) darstellt. Derbès lässt nicht das Keimbläschen schwinden und den Keimfleck restiren, sondern er deutet das, was wir Keimfleck nennen, als das Keimbläschen, welches also im reifen Ei zurückbleibt, während eine es umgebende, helle Zone schwindet. Natürlich änderte diese Auffassung Derbès' nichts an dem thatsächlichen Vorgang, ich wollte hierdurch nur hervorheben, wie er sich zur Frage nach dem Verbleib des Keimbläschens stellt.

Es erhebt sich aber nun die Frage, ob eine derartige Beziehung des Kernes des reifen Eies zu dem Keimfleck des früheren Keimbläschens sich in dem Thierreiche, nach Maassgabe der bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, noch anderwärts finden dürfte oder ob wir gar mit Hertwig schliessen dürfen (pag. 32), dass es im hohen Grade wahrscheinlich zu sein scheine, »dass im ganzen Thierreiche der Eikern des reifen, befruchtungsfähigen Eies vom Keimfleck des sich auflösenden Keimbläschens abstamme.« Die älteren Beobachtungen von Leydig an *Piscicola* und Bischoff am Kaninchenei,*) die Hertwig zur Stütze seines citirten Ausspruches anführt, sind kaum als beweiskräftig zu erachten. Dagegen ist derselbe Vorgang der Auflösung des Keimbläschens und des Zurückbleibens des Keimfleckes vor einigen Jahren, wie oben schon mitgetheilt wurde, durch P. E. Müller (117) von den Eiern des *Hippopodius luteus* (einer *Siphonophore*) beschrieben worden. Müller ist, soweit ich davon Kenntniss habe, der einzige Forscher, der sich gleichfalls mit Bestimmtheit für das Stattfinden eines derartigen Processes ausgesprochen hat.

---

*) Leydig, Zur Anatomie von *Piscicola geometrica*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. I. p. 125; Bischoff, Entwicklungsgesch. d. Kanincheneies. 1842.

Dagegen lassen sich nun eine ziemliche Zahl von Beobachtungen anführen, die umgekehrt dafür sprechen, dass im reifen Ei nicht das Keimbläschen schwindet und der Keimfleck erhalten bleibt, sondern dass der Keimfleck einem allmäligen Zerfall unterliegt, der ihn schliesslich ganz zum Verschwinden bringt, so dass an seiner Stelle nur einige durch das Keimbläschen zerstreute Körnchen restiren. Hertwig führt nur eine derartige Beobachtung an, nämlich die Kleinenberg's, der den Zerfall und die allmälige Auflösung des Keimfleckes in den reifenden Eiern von *Hydra* beschreibt (43; pag. 42). Der Einwand, welchen Hertwig gegen die Richtigkeit dieser Beobachtung Kleinenberg's erhebt, dass dieselben nicht durch fortlaufende Untersuchung desselben Objectes gewonnen sei, dürfte wohl ohne Bedeutung sein und liesse sich in gleicher Weise gegen Hertwig's Beobachtung über die Vorgänge in den reifenden Eiern von *Toxopneustes* erheben. Meine, im Laufe dieser Abhandlung dargelegten Beobachtungen an Würmern und Mollusken geben nicht den geringsten Anhaltspunkt zu einer Deutung im Hertwig'schen Sinne, sondern stimmen sämmtlich darin überein, dass der Keimfleck in dem Keimbläschen des reifen Eies als solcher, schon vor oder erst nach der Befruchtung, zu Grunde geht und dieser Vorgang tritt nur in gewissen Fällen nicht so deutlich hervor, weil die eigenthümliche Metamorphose des Keimbläschens zu der Kernspindel damit Hand in Hand läuft. Nach den von mir oben geschilderten Beobachtungen an den Eiern der kleinen freilebenden Nematoden, sowie des *Cucullanus*, verschwindet der Keimfleck einige Zeit vor oder nach der Befruchtung, während das Keimbläschen selbst noch in völliger Deutlichkeit und ohne weitere Veränderung verharrt. Hiermit befinden sich die Beobachtungen von Quatrefages (115; pag. 206) an den Eiern von *Teredo* in völliger Uebereinstimmung; derselbe sah in den befruchtungsfähigen Eiern Keimbläschen sammt Keimfleck noch völlig deutlich; einige Augenblicke jedoch nach geschehener Befruchtung fand sich der Keimfleck nicht mehr, »on dirait qu'elle se dissout dans la substance de la vésicule.« Am interessantesten sind jedoch wohl in dieser Hinsicht die schon früher besprochenen Eier der Räderthiere, deren ungeheuerer Keimfleck bei der Reifung des Eies allmälig schwindet, wie dies schon Leydig*) beobachtet hatte; an seiner Stelle bleiben einige Granula und das Keimbläschen selbst nimmt ebenfalls an Umfang so beträchtlich ab, dass es, wie oben erwähnt, hinter dem Volum des ursprünglichen Keimflecks zurückbleibt. An eine Ableitung des Keimbläschens des reifen Eies dieser Thiere von dem Keimfleck wird Niemand denken, der diese Objecte einmal genauer betrachtet hat. Ich schalte hier ein, dass ich bei einer grösseren Anzahl reifer Ovarialeier von *Limnaeus auricularis* vergeblich nach einem

*) Leydig. Ueber den Bau und die systematische Stellung der Räderthiere. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. VI. pag. 28 u. 102.

Keimfleck suchte, während das Keimbläschen selbst ohne weitere Veränderungen sich repräsentirte. Ganz in ähnlicher Weise wie bei den Räderthieren sehen wir auch in dem Keimbläschen des Pseudovums der Aphiden, den früher nicht unansehnlichen Keimfleck schwinden und an seiner Stelle nur einige Granula restiren. Bezüglich der Arthropoden erlaube ich mir, noch eine Beobachtung Leydig's*) hier anzuführen, wonach bei *Argulus foliaceus* die ursprünglich in grösserer Anzahl vorhandenen Keimflecke noch vor dem Schwinden des Keimbläschens nicht mehr zu finden sind; auch aus den neueren Untersuchungen von Claus scheint hervorzugehen, dass sich in den Eiern dieses Thieres zu keiner Zeit ein eigentlicher Keimfleck findet, sondern stets eine grössere Anzahl dunkeler Körner.**)

Bekanntlich finden sich in dem Keimbläschen vieler Eier nicht ein, sondern mehrere Keimflecke; am auffallendsten sind in dieser Hinsicht die Eier der Fische (und Amphibien), in welchen die Zahl der Keimflecke mit dem Wachsthum des Eies zunimmt und eine ganz beträchtliche Höhe erreicht. Wie sich mit diesen Verhältnissen in den Keimbläschen der Fische die Hertwig'sche Ansicht von der Bedeutung des Keimfleckes in Zusammenhang bringen lässt, ist keineswegs recht ersichtlich, dagegen lässt sich dieser Zerfall der Keimflecke sehr gut als ein Vorläufer ihres schliesslichen Unterganges betrachten.***)

Ohne dass ich mir daher anmasse, die Hertwig'schen Beobachtungen an den Eiern der *Toxopneustes lividus*, ohne eigene Kenntniss dieses Objectes, in bestimmtem Sinne auslegen zu wollen, scheint es mir nicht unmöglich, dass der sogenannte Eikern des reifen Seeigeleies nicht den Keimfleck, sondern das gesammte reducirte Keimbläschen (nach Schwinden des Keimfleckes), oder aber einen Theil desselben repräsentire.

Aus meinen Untersuchungen hat sich ergeben, dass bei Würmern und Mollusken das Keimbläschen im reifen Ei, kurz vor oder erst nach der Befruchtung, eine Metamorphose erleidet, indem dasselbe in die Kernspindel übergeht, ein Zustand, der sonst die Theilung des Kernes einleitet. Von einem Keimfleck ist natürlich in diesem Falle keine Rede mehr, wie aus der bekannten Beschaffenheit dieser Kernspindel folgt. Es ist nun von höchstem Interesse, dass dieselbe Metamorphose des Eikernes, die ich beim thierischen Ei fand und auch schon in meiner ersten vorläufigen Mittheilung von Cucullanus geschildert hatte (15; pag. 208) — und welche ich das Vergnügen hatte, Herrn Prof. Strasburger während seines Besuches in Frankfurt a. M. auch in meinen Abbildungen von *Nephelis*, sammt dem späteren Austritt

*) Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. II. pag. 340.

**) Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. XXV.

***) Vergl. namentlich Auerbach (17; pag. 156—161) und viele frühere Arbeiten.

des Eikernes, auseinandersetzen zu dürfen — hierauf von Strasburger auch im Ei der Coniferen nachgewiesen worden ist, wie ich nach brieflichen Mittheilungen desselben hier hervorheben muss.

Sollte sich nun ein entsprechender Vorgang im Eie der Seeigel wirklich nicht finden, da wir doch aus dem Vorkommen bei Coniferen und Würmern sicherlich auf ein sehr allgemeines Phänomen schliessen dürfen? Hertwig hat meine Mittheilungen über die Metamorphose des Keimbläschens im Eie des *Cucullanus* nicht weiter berücksichtigt und ebenso die Mittheilungen, welche von anderer Seite schon über die Austreibung eines Theiles des Eikernes oder dieses in seiner Gesammtheit vorlagen, keiner Erwähnung gewürdigt. Ich muss gestehen, dass dieser Umstand den Schlüssen, welche er aus den Beobachtungen an *Toxopneustes lividus* zu ziehen geneigt ist, ihre allgemeine Tragweite völlig entzieht. Wenn ich auch zugebe, dass die älteren Beobachtungen über das Richtungsbläschen ihn in seinen Schlüssen nicht hätten wankend machen können, so waren doch auf der einen Seite die Beobachtungen Oellacher's, dass das Keimbläschen des Forelleneies vor der Befruchtung ausgestossen würde, auf der anderen Seite diejenigen von Flemming und mir, dass ein Theil des Keimbläschens ausgestossen werde, zu berücksichtigen. Ausserdem hatte ich schon in meiner zweiten vorläufigen Mittheilung (79) bemerkt, dass die früher von mir ausgesprochene Ansicht, es werde der Keimfleck ausgestossen, nicht stichhaltig sei, sondern dass es sich nun um die Ausstossung des Kernes in seiner Gesammtheit handle.

Nach den, von mir in der vorliegenden Abhandlung mitgetheilten Beobachtungen, kann es nun nicht mehr im geringsten zweifelhaft sein, dass bei den untersuchten Objecten der Eikern nach seiner spindelförmigen Metamorphose (ob in Folge der Befruchtung oder nicht, dies muss vorerst noch unentschieden bleiben) aus dem Dotter hinausgetrieben wird. Aus meinen Beobachtungen muss ich diesen Schluss ziehen und zwar finde ich in denselben keinen Anhaltspunkt zur Annahme, dass diese Ausstossung keine vollständige sei und dass ein Theil des Kernes im Dotter zurückbleibe. Ich weiss, dass ich mich in dieser Hinsicht mit den Resultaten, zu welchen Strasburger bei den Coniferen gelangte, nicht in Uebereinstimmung befinde. Nach ihm bleibt ein Theil des Eikernes im Dotter zurück, während nur ein anderer Theil zur Ausstossung gelangt. Meine Beobachtungen haben mir keine positive Handhabe gegeben, um einen derartigen Vorgang bei den von mir untersuchten Objecten als wahrscheinlich zu betrachten; dennoch kann ich es auch nicht mit absoluter Gewissheit in Abrede stellen, dass nicht vielleicht ein Theil einer der Kernplatten des spindelförmig metamorphosirten Eikernes, während des Austrittes desselben, sich ablöse und zur Grundlage eines oder mehrerer der späterhin in dem Dotter hervortretenden Kernchen werde. Die subtile Natur dieses Vor-

gangs würde es begreiflich genug erscheinen lassen, wenn ich denselben bis jetzt übersehen hätte. Es sind zwei Punkte in meinen Beobachtungen, die sich allenfalls zu Gunsten einer derartigen Auffassung verwerthen liessen; einmal die Entstehung des einen der neuen Kernchen bei *Nephelis* (Taf. I. Fig. 3) ausserhalb des sogenannten Centralhofes und in gewisser Beziehung zur Austrittsstelle des Eikernes und dann die gleichen Beziehungen der neuentstehenden Kernchen zu dieser Austrittsstelle bei *Limnaeus* und *Succinea,* sowie der Umstand, dass bei erstgenanntem Object der ausgetretene Eikern durch feine Fädchen mit einigen der neugebildeten Kernchen in Verbindung zu stehen scheint.*)

Ich komme nun zu dem wichtigsten Abschnitt der Hertwig'schen Arbeit, nämlich dem eigentlichen Act der Befruchtung. — Wie man aus dem betreffenden Kapitel meiner Abhandlung, das ohne Kenntniss der bezüglichen Arbeiten Strasburger's und Hertwig's geschrieben worden ist, ersehen haben wird, hatte ich mir auch schon die Frage aufgeworfen, ob nicht die sich neubildenden Kerne der ersten Furchungskugel von dem Kern des Spermatozoon abzuleiten seien und die Vergleiche, welche sich in dieser Hinsicht zwischen dem Befruchtungsvorgang und dem Conjugationsprocess der Infusorien ziehen liessen, waren nicht ungeeignet, diese Frage in bejahendem Sinne zu entscheiden. Ich war hierzu um so mehr veranlasst, als ich schon in meiner ersten vorläufigen Mittheilung (15; p. 210) den Gedanken aussprach, dass Bestandtheile des Spermatozoon in dem, nach Ausstossung der Richtungskörperchen bleibenden Rest des Keimbläschens (wie ich damals anzunehmen glauben durfte) eingingen.

Es fehlte jedoch meiner, in dieser Arbeit vermuthungsweise ausgesprochenen Ansicht über die Schicksale des oder der Spermatozoën die thatsächliche Begründung, welche nun durch die Hertwig'sche Untersuchung in einer Weise gegeben wurde, die, wenn auch noch nicht vollkommene Sicherheit, so doch sehr grosse Wahrscheinlichkeit besitzt. Ich halte es daher für nahezu sicher erwiesen, dass, nach dem Verschmelzen des oder der Spermatozoën mit der Eizelle, der Spermakern eine Weiterbildung erfährt und zu der Bildung des ersten Furchungskernes beiträgt; in welcher Weise dies geschieht, wird nun der Gegenstand unserer weiteren Betrachtung sein müssen. Hertwig fällt hinsichtlich des Nachweises dieses Vorganges alles Verdienst zu, welches dem allein gebührt, der einen Vorgang zum ersten Male wirklich nachweist, gegenüber denjenigen, die ihn vermuthungsweise, als wahrscheinliches Product blosser Ueberlegung, erschlossen haben.

Wir wissen, dass Hertwig den Kern des eingedrungenen Spermatozoon mit dem im Dotter vorhandenen Eikern sich vereinigen und in dieser Weise den ersten Furchungskern

*) Vergl. Taf. IV. Figg. 6 und 9.

sich bilden lässt. Es fragt sich nun vorzüglich, was ist dieser Eikern und wir haben uns daher diese Frage schon oben vorgelegt, wobei ich mich dahin aussprechen musste, dass ich die Ansicht, es repräsentire derselbe den Keimfleck, für sehr unwahrscheinlich halte; wahrscheinlicher dünkte mir, dass er entweder das gesammte, sehr reducirte Keimbläschen sei, oder aber ein Theil desselben. In beiden Fällen jedoch wäre der Keimfleck der Zerstörung anheimgefallen. Es erhebt sich auch hier wieder die Frage: sollte denn in den Eiern der Echinodermen der durch die Thierreihe so verbreitete Vorgang der gänzlichen oder theilweisen Ausstossung des Keimbläschens (um mich mit aller Reserve auszudrücken) wirklich ganz fehlen, da doch ein entsprechender Vorgang nach Strasburger sich selbst im Ei der Pflanzen nachweisen lässt? Auf alle Fälle muss ich jedoch zugestehen, dass im Ei das *Toxopneustes* ein Theil des Keimbläschens als der sogenannte Eikern zurückbleibt und dass dieser Theil, durch seine Vereinigung mit dem Kern des Spermatozoon, nach der Befruchtung sich zum ersten Furchungskern umbildet. *) Wiewohl meine Beobachtungen, wie ich schon oben nochmals hervorgehoben habe, mich zu dem Schluss führten, dass das Keimbläschen in den von mir untersuchten Eiern gänzlich eliminirt wird, so habe ich dennoch kein Bedenken auch die Möglichkeit zuzugestehen, dass in gewissen Fällen nur ein Theil desselben diesem Schicksal unterliege, der im Dotter bleibende Rest hingegen als Kern weiter fungire. Es sind die Vergleichungen, welche ich zwischen dem Vorgang der Befruchtung und der Conjugation der Infusorien zog, die mich schon vor einiger Zeit, gegenüber meinen eigenen Beobachtungen, nöthigten, diese Reserve zu ergreifen. In meiner kleinen Abhandlung »zur Entwicklungsgeschichte des *Cucullanus elegans*« **) wandte ich mich (Anmerkung pag. 109) gegen die von E. van Beneden neuerdings aufgestellte Befruchtungstheorie und sprach mich schliesslich in folgender Weise aus: »Das Wesen der Befruchtung ist in einer ganz anderen Richtung zu suchen und meine, in stetem Hinblick auf diese Frage, ausgeführten Untersuchungen jüngster Zeit sind wesentlich dazu geeignet, meine schon vermuthungsweise geäusserte Ansicht, dass es sich dabei um eine gänzliche oder theilweise Erneuerung des Kernes der Eizelle handle, mehr zu befestigen.«

Meine Untersuchungen über die Conjugation der Infusorien führten mich, wie aus vorliegender Abhandlung sich ergibt, zu der Ueberzeugung, dass bei diesen Organismen der Kern

---

*) Späterer Zusatz: Während der Correctur dieses Bogens erhielt ich eine Abhandlg. von E. v. Beneden (Contrib. à l'hist. de la vésicule germinative etc.; Bull. d. l'ac. roy. de Belgique, 2m. série, t. LXI, No. 1; 1876), worin für *Asteracanthion rubens* das völlige Schwinden des Keimbläschens geschildert wird; später treten auch die Richtungsbläschen auf. Ich kann hier natürlich nicht näher auf die v. Beneden'sche Arbeit eingehen, muss jedoch hervorheben, dass dieselbe die Tragweite der Hertwig'schen Mittheilungen bedenklich erschüttert.

**) Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 26. pag. 103—110.

im Laufe der Conjugation entweder gänzlich oder theilweise erneuert oder auch nur durch Zuführung eines neuen Theiles materiell aufgefrischt werde. Halten wir daher an der Vergleichung der Conjugationsvorgänge dieser Protisten mit dem Befruchtungsact fest, so müssen wir auch zugestehen, dass sich ähnliche Modificationen wie bei den ersteren, so auch bei letzterem finden können. Diese Ueberlegung bestimmte mich schon zu der früher gemachten Reserve.

Ich halte es für gerechtfertigt, hier einige historische Thatsachen hinsichtlich der Befruchtung beizufügen, um zu zeigen, wie sich schon manchmal dem Nachdenken verschiedener Forscher eine ähnliche Auffassung des Befruchtungsactes, als eine Erklärung für die von ihnen beobachteten Daten ergeben hat, ohne dass ich jedoch auf diese letzteren selbst, die zum Theil ganz unhaltbar sind, hier eingehen möchte.

Schon Barry,*) der bekanntlich zuerst 1843 im Kaninchenei Spermatozoën beobachtete, war der Ansicht, dass das Spermatozoon mit dem an die Oberfläche des Dotters getretenen Keimbläschen, speciell dem Keimfleck, in Verbindung trete und Stoffe an den letzteren abgebe. Keber's Ansicht über die Befruchtung des Najadeneies ging dahin,**) dass der Kern des in den Dotter gedrungenen Spermatozoon sich theile und so eine Anzahl Kerne erzeugte, die sich mit den von dem Ei selbst abstammenden Kernen vermischten (nicht materiell). Er sah in dieser seiner Auffassung des Befruchtungsactes eine gute Erklärung der Uebertragung väterlicher und mütterlicher Eigenschaften auf das erzeugte Wesen.***) Oben wurde ferner schon die Vorstellung, welche A. Müller (113) von dem Befruchtungsvorgang bei Petromyzon sich bildete, erwähnt und die darin gipfelte, dass er eine directe Aufnahme von Stoffen des Spermatozoon in das über die Dotteroberfläche emporgehobene Keimbläschen annahm. Ganz ähnlich fasste denn schliesslich P. E. Müller (117) den Act der Befruchtung bei *Hippopodius* auf; seine Anschauung nähert sich der Hertwig's sehr, da er, wie erwähnt, gleichfalls nur den Keimfleck restiren lässt, mit dem sich einige Spermatozoën von sehr zweifelhafter Natur in Verbindung setzen und den Befruchtungsact vollziehen, ohne jedoch mit ihm zu verschmelzen.

Aus dieser kurzen Zusammenstellung ergibt sich, dass eine derartige Auffassungsweise des Wesens der Befruchtung schon eine Reihe von Forschern so angesprochen hatte, dass sie

*) Neue Untersuchungen über die schraubenförmige Beschaffenheit der Elementarfasern der Muskeln etc Arch. f. Anat. und Physiologie. 1850. pag. 529—596.

**) Keber, »Ueber den Eintritt der Samenzellen in das Ei.« Königsberg. 1853. pag. 44.

***) Vergl. l. c. pag. 55. Anmerkung: »Die Aehnlichkeit der Kinder mit den Eltern muss vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, materiell erklärt werden, weil in dem kindlichen Organismus nachweislich eine innige Vermischung der von beiden Eltern herstammenden Zellenkerne stattgefunden hat.« Ich brauche hier wohl kein Wort über den Werth der Keber'schen Beobachtungen hinzuzufügen, da dieser Punkt ja allgemein bekannt ist.

derselben in der Erklärung der von ihnen beobachteten Thatsachen einen deutlichen Ausdruck gaben, ohne jedoch das Stattfinden eines derartigen Processes auch wirklich erwiesen zu haben.

Ich muss nun noch einen Augenblick bei der Frage verweilen: wie sich die so verbreitete Erscheinung, des Entstehens mehrerer, zuweilen zahlreicher Kerne in der ersten Furchungskugel, erklären lasse. Hertwig's Ansicht bezüglich dieses Punktes ist (pag. 42), dass dies leicht durch das Eindringen mehrerer Spermatozoën verständlich werde; er selbst hat (pag. 37) bei den Eiern von *Toxopneustes* zuweilen mehrere (zwei bis vier) helle Stellen, wie sie zuerst von dem eingedrungenen Spermatozoon hervorgerufen werden, an der Dotteroberfläche entstehen sehen, und es vereinigten sich auch diese mehrfach vorhandenen, hellen Stellen mit dem Eikern, aber die betreffenden Eier starben sämmtlich bald ab. Ich muss nun nochmals hervorheben, dass sich in allen den von mir untersuchten Eiern nichts findet, was sich dem Eikern des Seeigeleies vergleichen liesse; bei allen den von mir beobachteten Eiern findet sich ein Stadium, in welchem sich von einem Kern nichts wahrnehmen lässt, gewisslich aber nichts von einem so hellen und characteristischen Körper, wie es der Eikern des Seeigeleies ist. Die Kernrudimente, welche, wie wir voraussetzen, in Gestalt kleiner, dichter Körperchen zu dieser Zeit in dem Dotter vorhanden sein möchten und sich von dem Spermatozoon und eventuell von dem früheren Keimbläschen ableiten, können unter der grossen Masse von Dotter kaum einer Beobachtung zugänglich sein. Die beiden Kerne, welche ich zuerst in dem Ei kleiner freilebender Nematoden entstehen sah, zeigen, wie auch Auerbach bestätigte, nicht die geringste Differenz und entstehen, wie ich in vorliegender Arbeit nachzuweisen versucht habe, in ganz gleicher Weise. Es liegt also vorerst gar keine Berechtigung vor, im Sinne Hertwig's den einen derselben als Eikern, den anderen als Kern des Spermatozoon zu deuten. Bei *Cucullanus* sah ich immer nur ein Spermatozoon der Oberfläche des Dotters eingesenkt, andererseits aber immer eine bedeutende Zahl, bis fünf und sechs Kerne in der ersten Furchungskugel entstehen.

Dies bestimmt mich, in der Mehrzahl der neuentstehenden Kerne der ersten Furchungskugel viel eher ein, durch den vorhergehenden Zerfall des eingedrungenen Spermatozoidenkernes hervorgerufenes Phänomen zu erkennen, um so mehr, als wir auch während des Conjugationsactes der Infusorien Kerntheilungen in reichstem Maasse eintreten sehen. Damit schliesse ich natürlich keineswegs aus, dass nicht zuweilen mehrere Spermatozoën in den Dotter eindringen und die Zahl der sich bildenden Kerne vermehren.*)

---

*) Hertwig hebt (pag. 42) hervor, dass ich geneigt sei, den mehrkernigen Zustand der ersten Furchungskugel, als hinterlassenes Erbstück eines ehemaligen Vorfahren der höheren Organismen zu beurtheilen. Ich habe dies keineswegs in der Weise behauptet (vergl. 15; pag. 213), sondern nur darauf hingewiesen, dass, wenn

Hinsichtlich der Frage: ob die theilweise oder gänzliche Ausstossung des Eikernes in Gestalt der Richtungskörperchen eine Folge der Befruchtung oder aber eine, der letzten Ausbildung der Eizelle als solcher zukommende Erscheinung sei, glaube ich mich jetzt bestimmter aussprechen zu dürfen. Oben habe ich dasjenige zusammenzutragen versucht, was zur Entscheidung dieser Frage angeführt werden konnte, ohne dass es jedoch nach dem bis jetzt vorliegenden Material gelungen wäre, eine bestimmte Stellung für oder wider zu nehmen. Seit dieser Zeit ist eine neue Arbeit E. v. Beneden's erschienen (La Matur. de l'oeuf, la fécondation et les prem. phases du développement embryog. des mammifères. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique 2me sér., T. XL., No. 12; 1875), worin er sich bezüglich des Kanincheneies mit aller Bestimmtheit dahin ausspricht, dass die Ausstossung der Richtungsbläschen ganz unabhängig von der Befruchtung vor sich gehe, ein Schluss, zu dem ja auch die Bischoff'schen Untersuchungen an nicht begatteten Säugethieren mit Bestimmtheit drängten. Auf der anderen Seite ist mir bekannt, dass Prof. Strasburger bei der Eizelle der Coniferen die Ausstossung eines Theiles des Eikernes, welcher die schon lange bekannte, sogenannte Canalzelle formirt, vor der eigentlichen Befruchtung eintreten sah.

Nach mehrfachen vergeblichen Versuchen mich über das Verhalten unbefruchteter Eier zu instruiren, wandte ich mich schliesslich zu den mir so nahe liegenden, kleinen, freilebenden Nematoden. Zu diesen Untersuchungen bediente ich mich zweier Rhabditisarten, die sich Jedermann leicht zu beschaffen im Stande ist, der *Rhabditis teres* Schnd., welche sich in mit faulenden Substanzen versetzter Gartenerde fast immer reichlich einstellt und der *Rhabditis pellio* Schn., deren Larven in Regenwürmern leben und beim Faulen derselben sich zur Geschlechtsreife entwickeln. Von diesen Thieren züchtete ich eine Anzahl in Eiweiss und isolirte weibliche Larven in grösserer Menge, jede für sich in einem Tröpfchen Eiweiss, so dass eine Befruchtung völlig ausgeschlossen war. Die Resultate dieser Untersuchungen waren nun, dass in beiden Fällen sich der Uterus der jungfräulichen Thiere auf das reichlichste mit reifen, von den Ovarien losgelösten Eizellen anfüllte, jedoch auch nicht in einem Fall und bei mehrere Tage fortgesetzter Beobachtung, die Weiterentwicklung auch nur einer einzigen Eizelle eintrat. Keimbläschen und bei *Rhabditis teres* namentlich auch der Keimfleck, erhalten sich ohne irgend welche Veränderung in den unbefruchteten Eiern dieser Nematoden und fangen erst an undeutlich zu werden, wenn die Dottermasse selbst deutliche Zeichen des Zugrunde-

man den Cytodenzustand der Eizelle in dieser Weise betrachtet, man die gleiche Betrachtungsweise auch auf diesen mehrkernigen Zustand ausdehnen müsse. Ich war jedoch weit davon entfernt, diese Anschauungsweise des Cytodenzustandes der Eizelle zu der meinigen zu machen.

gehens durch fettige Degeneration aufweist. Es bilden sich dann bei *Rhabditis pellio* zahlreiche helle Tröpfchen in der früher gleichmässig körnigen Dottermasse und zwischen diesen verdichtet sich die eigentliche Dottersubstanz zu einer mehr oder weniger glänzenden Masse; die Eier gehen zu Grunde. Bei *Rhabditis teres* konnte ich an diesen unbefruchteten Eiern keine Spur einer Dotterhaut auffinden, beim Uebertritt in Wasser zerflossen sie, ohne dass sich irgend etwas von einer Hülle zeigte. Bei *Rhabditis pellio* hingegen wurde ein zartes, den Dotter überziehendes Häutchen deutlich. In keinem Falle aber zeigte der Dotter eine Spur der, als erste Entwicklungserscheinung bekannten Condensation innerhalb dieser Hülle.

Diese Beobachtungen über das Verhalten der unbefruchteten Eier kleiner Nematoden bieten eigentlich nichts Neues, denn schon Schneider gelangte zu einem ganz ähnlichen Resultat (10; pag. 285). Bei *Ascaris megalocephala, mystax* und *lumbricoides*, bei *Filaria papillosa* und *Leptodera appendiculata* gehen nach seinen Beobachtungen die unbefruchteten Eier ohne irgendwelche Veränderung zu Grunde. Nur bei *Cucullanus elegans* soll sich die Dotterhaut abheben und sogar eine unregelmässige Furchung eintreten; allein die Furchungskugeln sollen sich bald trennen und zu Grunde gehen.

Was ist nun aber aus diesem völlig unveränderten Verhalten der unbefruchteten Eier unserer Würmer zu schliessen? Einmal müssen wir zugeben, dass beide Ansichten über das Auftreten der Richtungsbläschen, einmal in Folge der Befruchtung, das andere Mal unabhängig von dieser, ihre Berechtigung haben.

Um aber dieses verschiedene Verhalten mit unseren sonstigen Anschauungen in Einklang zu setzen, müssen wir anerkennen, dass die Austreibung der Richtungskörperchen keineswegs ein Phänomen ist, welches dem Ei als solchem in seinem höchsten Reifezustand zukommt, sondern wir müssen darin, eine der ersten Entwicklungserscheinungen erkennen, die in gewissen Fällen nur am befruchteten Ei sich vollzieht, in anderen Fällen hingegen auch parthenogenetisch stattfinden und der Befruchtung vorausgehen kann.

Unter diesen Umständen glaube ich nun, um so fester an der oben versuchten Vergleichung der Conjugationserscheinungen der Infusorien und der Befruchtung festhalten zu dürfen. Hinsichtlich des parthenogenetischen Auftretens der Austreibung der Richtungsbläschen (eines Theiles oder des ganzen Eikernes), glaube ich, nochmals besonders an die höchst merkwürdigen Verhältnisse bei den Diatomeen erinnern zu müssen, die uns ja sehr auffallende Analogien bezüglich ihrer Copulationserscheinungen mit den Infusorien zeigten. Ich betonte oben besonders, dass der Verjüngungsprocess der Diatomeen, die Auxosporenbildung, in einer Reihe von Fällen nachweislich, auch ohne Zusammentreten zweier Individuen, von einem einzigen

vollzogen werden kann. Dürften wir etwas derartiges auch bei einem Infusor für möglich halten, so hätten wir einen Fall, der als Pendant des parthenogenetischen Austretens der Richtungsbläschen dienen könnte. Immerhin scheint es mir auch mehr wie wahrscheinlich, dass sich bei den Diatomeen, in Anbetracht der Uebereinstimmung ihrer Conjugationserscheinungen mit denen der Infusorien, auch ähnliche Vorgänge bezüglich einer Verjüngung der Kerne finden möchten.

Eine Betrachtung, die Hertwig hinsichtlich der Infusorien anstellt, ist geeignet, unser Interesse an dieser Stelle noch besonders in Anspruch zu nehmen. In einer Anmerkung zu pag. 40 bemerkt er, dass sich der sogenannte Nucleus und Nucleolus dieser Thiere, wegen der Veränderungen, die sie bei der Fortpflanzung (?) eingehen sollten, recht gut mit dem Ei- und Spermakern der befruchteten Eizelle vergleichen lassen; dass daher die Infusorien als hermaphroditische Zellen betrachtet werden müssten. Ich bin aber zu demselben Schluss, jedoch auf Grund eines sehr verschiedenen Gedankenganges gelangt. Zuerst gestehe ich offen, dass es mich überrascht, dass Hertwig bei dieser Gelegenheit mit keinem Worte des erst von mir erbrachten Nachweises, dass die sogenannten Nucleoli der Infusorien echte Zellkerne seien, gedenkt, auch nicht der Rolle, welche Nucleus und Nucleolus bei der Conjugation (nicht Fortpflanzung) spielen, die ich in meiner vorläufigen Mittheilung (79) von *Stylonichia Mytilus* schon genau darstellte. Welche Art der Veränderungen während der Fortpflanzung es sind, die Hertwig dafür anführen zu dürfen glaubt, dass Nucleus und Nucleolus der Infusorien dieselbe Bedeutung hätten wie Ei- und Spermakern der höheren Thiere, ist mir nicht ersichtlich. Nach meinen Beobachtungen über die Conjugation der Infusorien ist die Rolle des Nucleolus in gewissem Sinne vergleichbar der eines befruchtenden Spermakernes, da derselbe den Hauptkern während der Conjugation ganz oder theilweise ersetzt. Eine wirkliche Gleichstellung des Nucleolus und eines Spermakernes wäre jedoch, meiner Ansicht nach, nur dann festzuhalten, wenn sich nachweisen liesse, dass die Nucleoli der in gewöhnlicher Weise conjugirten Infusorien während der Conjugation ausgetauscht würden, denn das wesentlichste Kriterium, das wir bis jetzt für einen Spermakern haben, ist doch das, dass er in einer anderen Zelle (der Eizelle) zur Weiterbildung gelangt. Ich habe es daher auch nicht versäumt, genauer auf die wenigen Fälle bei *P. Bursaria* und *putrinum* hinzuweisen, wo ich einen derartigen Austausch der Nucleoli mit Sicherheit glaube annehmen zu dürfen; dennoch haben sich diese Fälle bis jetzt so selten gezeigt, dass ich sie nicht für regelmässig halten darf.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass sich, unter den uns bekannt gewordenen Conjugationserscheinungen der Infusorien, die sogenannte knospenförmige Conjugation der Vorticellen am nächsten dem Befruchtungsvorgange bei höheren Thieren anschliesst, da hier, wie

schon des Näheren auseinandergesetzt worden ist, das kleine knospenförmige Individuum vollständig mit dem grösseren verschmilzt, also sich diesem gegenüber verhält, wie das Spermatozoon zur Eizelle. Nun verhält sich aber dieses kleine, das Spermatozoon repräsentirende Thier hinsichtlich seines Nucleus und Nucleolus völlig wie ein gewöhnliches Individuum; es besitzt auch einen Eikern im Hertwig'schen Sinne, man sollte vermuthen, dass es nur einen Nucleolus (Spermakern) besässe. Ich kann daher auch nur der Ansicht sein, dass die eigenthümliche Differenzirung der Kerne, welche uns die Infusorien zeigen, nicht in dem Sinne aufgefasst werden kann, dass die einen sich den Eikernen, die anderen den Spermakernen entsprechend verhielten, denn die mit Ei, beziehungsweise Spermatozoon, vergleichbaren Individuen der Infusorien besitzen in gleicher Weise beide Kernarten.

Ich habe schon in meiner vorstehenden Arbeit ausdrücklich darauf hingewiesen, wie aber gerade, aus den schon hervorgehobenen Gründen, die genaue Verfolgung der sogenannten knospenförmigen Conjugation der Vorticellen, für die Vergleichung mit dem Befruchtungsvorgang der höheren Thiere vom höchsten Interesse zu sein, verspreche. Es war daher auch nach Vollendung des Manuscriptes dieser Arbeit mein nächstes Bestreben, die genaue Untersuchung dieser Frage in Angriff zu nehmen. Die Schwierigkeit der Material-Beschaffung, die schliesslich durch den Eintritt der scharfen Kälte ganz unterbrochen wurde, machte es mir jedoch bis jetzt unmöglich, zu völliger Klarheit hinsichtlich des, hier aus verschiedenen Gründen besonders schwierig zu untersuchenden Vorganges zu gelangen. Ich hätte es daher auch unterlassen, meine Resultate in ihrer jetzigen, unvollständigen Gestalt mitzutheilen, wenn nicht in neuester Zeit eine Abhandlung von Balbiani (65 b) über diesen Gegenstand erschienen wäre, die es mir zur Pflicht macht, in Hinblick auf meine in dieser Arbeit dargelegte, ganz abweichende Auffassung der Conjugation, hier noch einen kurzen Abriss meiner Erfahrungen bei den Vorticellinen beizufügen, damit nicht diese neuere Mittheilung Balbiani's als ein Einwurf gegen meine Darstellung der Conjugation betrachtet werden könnte. Ich glaube kaum hervorheben zu müssen, dass meine Beobachtungen über die Conjugationserscheinungen der Vorticellen ganz ohne Kenntniss der Balbiani'schen angestellt worden sind, die erst in den letzten Tagen des Decembers 1875 in meine Hände gelangten.

Balbiani scheint seine Beobachtungen an *Carchesium polypinum* angestellt zu haben; es ist eben dieses Thier und die *Vorticella nebulifera*, welche mir die sogleich zu berichtenden Ergebnisse geliefert haben. Balbiani hebt zunächst hervor, dass einige Zeit nach eingetretener Conjugation die Nuclei der beiden conjugirten Thiere zu kleinen Segmenten zerfallen, wie dies zuerst Stein dargestellt hat. Gleichzeitig aber vergrössere sich der Nucleolus des kleinen

Conjugationsthieres (Mikrogonidie nach Stein) und theile sich hierauf zu zweien, von welchen jeder sich zu einer ovalen, mit parallel geordneten Fäden erfüllten Samenkapsel (Kernspindel) entwickele, während der Nucleolus des grösseren Thieres während der ganzen Conjugation überhaupt gar keine Veränderung erfahre. Nachdem das kleine Thier gänzlich mit dem grösseren verschmolzen ist, finden sich diese beiden Samenkapseln in letzterem; was nun mit ihnen geschieht, wird nicht weiter angegeben. Aus den mit einander vermischten Nucleusbruchstücken der beiden Thiere sollen sich nun aber fünf bis sieben Eier entwickeln, die (nachdem sie von den Spermatozoën der Kapseln befruchtet worden sind) nach aussen abgelegt werden. Die übrigen Nucleusbruchstücke hingegen vereinigen sich dann schliesslich wieder zu einem Nucleus. Man sieht, Balbiani hält noch in jeder Beziehung an der von ihm früher entwickelten Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien fest und obgleich er in dieser Mittheilung meine Erfahrungen hinsichtlich der Bedeutung der Stein'schen Embryonen der Infusionsthiere, als Bestätigung seiner früher ausgesprochenen Ansicht bezüglich derselben, verwerthet, unterlässt er es doch völlig, den von mir in der gleichen Abhandlung gelieferten Nachweis der Irrigkeit seiner Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusionsthiere mit einem Worte zu erwähnen.

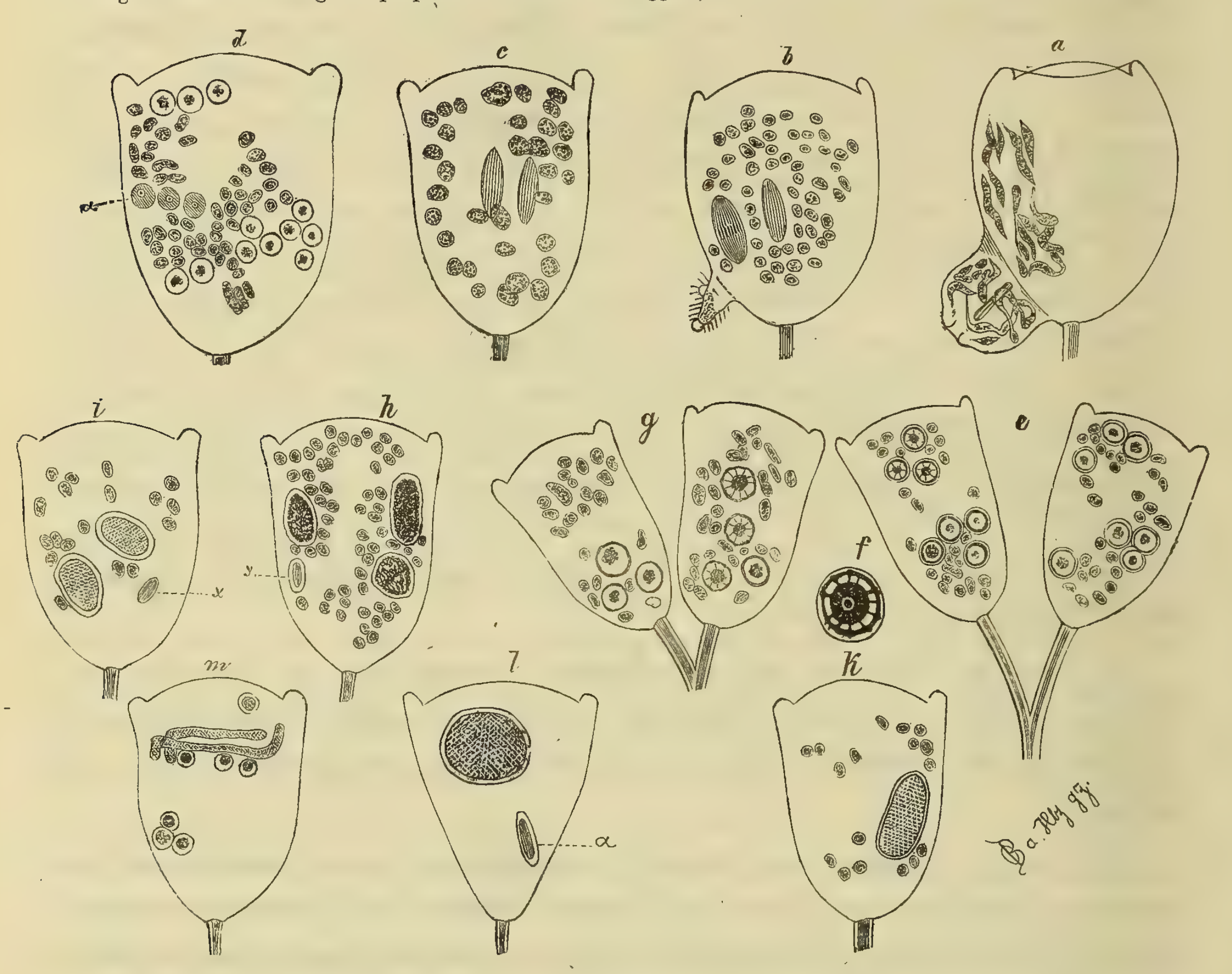
Ich hoffe nun, durch die jetzt mitzutheilenden Ergebnisse über die Conjugation der Vorticellen zu zeigen, dass dieselbe keineswegs in der Weise verläuft, wie dies Balbiani neuerdings darstellt, natürlicher Weise aber noch weniger mit den Ansichten Stein's im Einklang ist.

Ich bemerke im Voraus, dass ich unter den zahlreichen von mir gesehenen, aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren von *Vorticella nebulifera* und *Carchesium polypinum* auch nicht ein einziges fand, das Embryonen enthalten oder eine Andeutung zur Bildung solcher verrathen hätte. Ich sehe hierin den Beweis dafür, wie gerechtfertigt die im Laufe dieser Arbeit von mir ausgesprochene Ansicht über die Bedeutung dieser vermeintlichen Embryonen ist und befinde mich in dieser Hinsicht in völliger Uebereinstimmung mit Balbiani.*)

---

*) Späterer Zusatz: Durch die Güte des Herrn Prof. Engelmann erhielt ich während des Druckes dieser Abhandlung einen von ihm verfassten Aufsatz, »Ueber Entwicklung und Fortpflanzung von Infusorien« (Morpholog. Jahrbücher, herausgegeben von Gegenbauer, Bd. I. pag. 573—634), der ursprünglich in holländischer Sprache in dem 3. Bande der 3. Reihe der Onderzoekingen gedaan in het physiologisch laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool veröffentlicht worden war. Ich bedauere es sehr, dass ich nicht mehr in der Lage bin, diesen interessanten Aufsatz in meiner Arbeit völlig zu verwerthen, indem Engelmann in einer Reihe von Punkten zu ganz denselben Ansichten gelangte wie ich. So hat er sich speciell von seiner früheren Auffassung der vermeintlichen Embryonen völlig zu der Balbiani's bekehrt und

Erklärung des Holzschnittes: Figg. *a*, *b* und *m* *Vorticella nebulifera;* die übrigen Figuren von *Carchesium polypinum.* Fig. *d:* α, 3 der Nucleoluskugeln in ihrem Aussehen im lebenden Zustand, alle übrigen Darstellungen sind nach Essigsäurepräparaten entworfen. Figg. *h*, *i* und *l*: *x* od. α der Nucleolus.



Zunächst zerfällt also, wie die übereinstimmenden Beobachtungen von Stein, Greeff, Balbiani, Engelmann und mir ergeben haben, der Nucleus der conjugirten Thiere, in ähnlicher Weise wie z. B. bei *Param. Aurelia* oder *putrinum*, in einzelne Stücke (Fig. *a*), die sich noch weiter theilen, so dass sich also schliesslich die Nuclei beider Thiere in eine sehr grosse

liefert auch hinsichtlich der Embryonen der Vorticellen den thatsächlichen Nachweis, dass sie sich bei *Vorticella microstoma* von aussen in die sie beherbergenden Thiere einbohren, in derselben Weise, wie ich diesen Nachweis für die acinetenartigen Embryonen der Paramaecien und Stylonichien zu geben vermochte. Ich bin sehr erfreut, meine oben ausgesprochenen Betrachtungen über die Embryonen der Vorticellen in dieser Weise durch die Beobachtung bestätigt zu finden; mir selbst war es seither noch nicht möglich, diesen Fall eigenen Untersuchungen zu unterwerfen, da es mir bis jetzt leider nicht glückte, embryonenhaltige Vorticellinen in einiger Menge aufzufinden (vergl. Engelmann l. c. pag. 592 ff.).

Anzahl kleiner, jedoch keineswegs immer gleich grosser Segmente auflösen. Um die Umbildungen der Nucleoli*) hinreichend zu verfolgen, fehlte mir bis jetzt leider das genügende Material an Conjugationszuständen aus früherer Zeit, ich habe jedoch mit einiger Deutlichkeit in dem kleinen Conjugationsthier von *Carchesium polypinum,* in ähnlicher Weise wie Balbiani, zwischen den Nucleusbruchstücken zwei ansehnliche Kernspindeln (Samenkapseln) beobachtet; bei *Vorticella nebulifera* hingegen in einem Thier, mit dem der kleine Sprössling schon nahezu verschmolzen war, eine Kernspindel mit sehr deutlicher Kernplatte mit vollkommener Sicherheit beobachtet, eine danebenliegende zweite, weniger deutlich gesehen (Fig. *b*.). Schliesslich habe ich bei *Carchesium polypinum* ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier (Fig. *c*) beobachtet, bei dem die Verschmelzung der beiden Thiere schon völlig vollzogen war und welches zwei ganz deutliche Kernspindeln (ohne Kernplatte) neben zahlreichen Nucleusbruchstücken enthielt. Ob sich thatsächlich der Nucleolus des grossen Thieres während der Conjugation gar nicht weiter entwickelt, wie Balbiani angibt, vermag ich nicht zu sagen, ich halte es aber dann kaum für möglich, ihn mit Sicherheit von den Nucleusbruchstücken zu unterscheiden.

Die weiteren Zustände, welche ich sah, zeigen nun neben den Nucleusbruchstücken eine sehr verschiedene Zahl eigenthümlicher, runder, kernartiger Körper. Dieselben zeichnen sich im lebenden Zustand durch ihre lichte Beschaffenheit aus, die gegen die matten und dunkleren, dichteren Nucleusbruchstücke deutlich absticht. Häufig erkannte ich in ihrem Centrum ein recht deutliches, ganz helles Bläschen, welches seinerseits wieder ein dunkleres, kleines Körperchen einschloss. Nach Zusatz von Essigsäure sondert sich an ihnen eine sehr dunkle Hülle von einem ebenso beschaffenen Kern (Figg. *d*, *e*, *f*, *g*), in welchem letzteren noch das lichte Bläschen mit dem Körperchen häufig sehr kenntlich ist. An günstigen Objecten liessen sich zarte Fäden wahrnehmen, die strahlend vom Kern nach der Hülle verliefen, ein Verhalten, das wir im Vorstehenden von Kernen mehrfach erwähnt haben. Um die Hülle liess sich bei günstigen Objecten ausserdem, noch ein sehr zartes Häutchen nachweisen, wie dies ja an ähnlich beschaffenen Kernen uns mehrfach aufstiess (es ist dies das Homologon der Nucleusmembran der Infusorien).

---

*) Späterer Zusatz: Engelmann hat sich in seiner neuen Arbeit (l. c.) durch die so bestimmten Versicherungen Stein's, dass den Vorticellinen der Nucleolus fehle, verleiten lassen, gegenüber seinen früheren Erfahrungen (110), das regelmässige Vorkommen eines Nucleolus bei den Vorticellinen zu bezweifeln. Er sagt in der Anmerkung zu p. 631: »Er (der Nucleolus) kommt also jedenfalls nur sehr selten vor.« Ich kann dagegen versichern, dass das Vorkommen eines Nucleolus bei den von mir hierauf genau untersuchten und oben näher bezeichneten Vorticellinen ein ebenso regelmässiges ist, als etwa bei *P. Bursaria* und *Aurelia*. Es gehört auch kaum mehr Geschicklichkeit dazu, diesen Nucleolus bei den Vorticellinen aufzufinden, als bei den letztgenannten, holotrichen Infusorien.

Die Zahl dieser Kugeln ist, wie gesagt, sehr verschieden; bei *Carchesium polypinum* fand ich einmal 15 (Fig. *d*), sehr häufig sieben (fraglich blieb bis jetzt die Zahl acht), vier, drei, zwei und eine; bei *Vorticella nebulifera* fand ich die gleichen Zahlen, nur nicht 15. Was die Bedeutung dieser Körper anlangt, so sind sie einmal identisch mit den Eiern Balbiani's, dann aber auch mit den Keimkugeln Stein's bei den nicht stockbildenden Vorticellen. Es fragt sich aber nun, wo sie eigentlich herstammen und da kann ich nicht anstehen, sie von den Nucleoli (oder dem Nucleolus des einen Thieres, wenn sich die Balbiani'sche Beobachtung bestätigt) herzuleiten. Man vergleiche nur zum Beispiel das von mir eruirte Verhalten der Nucleoli der Paramaecien nach der Conjugation und ihren Uebergang in lichte Körper, die Balbiani gleichfalls für Eier hielt. Man wird mir zugestehen, dass diese Annahme die einzig mögliche ist, wenn man sich über das gleich zu beschreibende, zukünftige Schicksal dieser Körper orientirt haben wird. Um diesem näher zu treten, fragt es sich zunächst, wie erklärt sich die so verschiedene Zahl, in welcher sich die Körper in den einzelnen, aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren vorfinden. Balbiani würde hierauf ohne Zweifel antworten: einmal dadurch, dass sich nicht immer die gleiche Zahl Eier entwickelt und dann durch die allmälig statthabende Ausstossung dieser Eier. Zur Entscheidung dieser Frage muss ich zunächst hervorheben, dass die Zahl der Körper mit ihrer Grösse im umgekehrten Verhältniss steht, dass dieselben also in dem Maasse, als sie sich an Zahl vermindern, allmälig mehr heranwachsen woraus der Schluss zu ziehen ist, dass diejenigen Thiere, welche die kleinere Zahl jedoch grösserer Kugeln enthalten, die in der Entwicklung weiter fortgeschrittenen sind. Bei der solitären *Vorticella nebulifera* wäre es nun kaum mit einiger Sicherheit zu bewerkstelligen, hinter das Geheimniss von der allmäligen Abnahme dieser Körper in den einzelnen Thieren zu kommen, dagegen lässt sich dies mit Sicherheit bei dem *Carchesium polypinum* erreichen und zwar ergibt sich, dass die allmälige Abnahme der Zahl dieser Körper in den einzelnen Thieren eine Folge fortwährender Theilung der aus der Conjugation hervorgegangenen Individuen ist. Bei *Carchesium* nämlich, wo die Theilsprösslinge zu einem Stock vereinigt bleiben, lässt sich ja die Genealogie der einzelnen Individuen des Stockes mit Sicherheit bis zu einem gewissen Punkte zurück verfolgen. So findet man denn, dass die Thiere mit sieben Körpern gewöhnlich einen, demselben Stiel entspringenden Gefährten mit gleichfalls sieben Körpern neben sich haben (Fig. *e*). Die absolut gleiche Beschaffenheit beider Thiere, die Kürze ihrer Stiele und die häufige Wiederkehr dieses Verhältnisses macht das Hervorgehen dieser Formen aus solchen, wie Fig. *d* mit 15 Kugeln, durch einfache Theilung unabweisbar. Noch characteristischer jedoch gestaltet sich das Verhältniss der mit vier und drei Kugeln versehenen Thiere, welches keinen

Zweifel übrig lässt, dass dieselben durch Theilung der mit sieben Kugeln versehenen Individuen hervorgegangen sind. Das in Fig. *g* abgebildete Zusammenstehen von einem mit vier und einem mit drei Kugeln versehenen Thier auf gemeinsamem Ast und manchmal gerade erst angelegten Stielchen, ist so häufig, dass für mich kein Zweifel über die Richtigkeit der von mir gegebenen Deutung mehr vorhanden bleibt. Ferner sah ich jedoch auch drei kleine Thiere mit je zwei Kugeln von gemeinsamem Ast entspringen; die Anordnung derselben ergab, dass zuerst eine Theilung eines, sechs Kugeln enthaltenden Thieres zu zweien stattgefunden hatte, von welchen das eine vier, das andere zwei Kugeln enthielt, hierauf theilte sich das erstere nochmals, so dass nun jedes Thier mit zwei Kugeln versehen war. Diese Theilungen der aus der Conjugation hervorgegangenen Thiere können uns nicht besonders auffallen, da wir ja dieselbe Erscheinung schon bei *P. Aurelia* und noch characteristischer bei *P. putrinum* gefunden haben. Für die Richtigkeit meiner Auffassung spricht fernerhin, dass auch die Zahl der Nucleusbruchstücke sich mit der Abnahme der Zahl der Kugeln stets vermindert. *)

Nachdem nun aber durch fortgesetzte Theilung die Zahl der Kugeln der verschiedenen Individuen bis auf drei oder vier herabgesunken ist, macht sich allmälig eine characteristische Veränderung ihrer Beschaffenheit geltend. Indem sie nämlich noch immer an Grösse zunehmen, verliert sich jetzt allmälig der früher nach Zusatz von Essigsäure so characteristische Binnenkörper, nebst dem in ihm enthaltenen hellen Bläschen etc., indem derselbe sich in eine granulirte Masse auflöst, die mit der dunkelen Hülle in continuirlichen Zusammenhang tritt (Fig. *h*), so dass wir schliesslich, als Resultat dieses Umwandlungsprocesses, einen durch Essigsäurezusatz feingranulirten Körper erhalten, der von einer zarten Hülle umschlossen wird. Die Kugeln, welche früher den Bau von Kernen gewisser Rhizopoden oder Gewebezellen höherer Thiere hatten, sind demnach durch diese Metamorphose in den characteristischen Zustand der Nuclei der Infusorien übergeführt worden (Figg. *h* u. *i*). Nicht immer erfolgt diese Umwandlung jedoch bei Gegenwart von drei oder vier Kugeln, wiewohl dies der normale Fall zu sein scheint; zuweilen scheint die Vorticelle sich zuvor noch weiter zu theilen, wodurch sich das

---

*) Späterer Zusatz: Nachträglich finde ich nun auch in der neuen Arbeit von Engelmann die directe Bestätigung meiner Auffassung durch Beobachtung. Engelmann hat nämlich ein aus der Conjugation hervorgegangenes Individuum von *Vorticella microstoma* in der Theilung beobachtet (l. c. pag. 596 und Taf. XXI. Fig. 21). Jedes der durch Theilung neuentstandenen Individuen enthält zwei ansehnliche der oben beschriebenen Nucleoluskugeln und eine Anzahl kleiner Nucleusbruchstücke. In gleicher Weise beobachtete Engelmann auch knospenförmige Theilung (Fig. 22) kurz nach vollzogener Conjugation. In der Darstellung, die Engelmann jedoch von dem Verlaufe der knospenförmigen Conjugation bei *Vorticella microstoma* und *Epistylis plicatilis* gibt, verwerthet er diese Beobachtung nicht, weicht überhaupt von meiner Auffassung sehr ab.

Vorkommen von Individuen erklärt, welche nur zwei oder eine Kugel, jedoch noch von der ursprünglichen Beschaffenheit, enthalten.

Diese so umgewandelten Kugeln setzen nun ihr Wachsthum weiter fort und gleichzeitig vermindert sich ihre Zahl durch weitere Theilungen der betreffenden Vorticellen, bis schliesslich Zustände erreicht werden, wo sich nur eine solche nucleusartige, ansehnliche Kugel neben einer sehr reducirten Anzahl von Bruchstücken der ehemaligen Nuclei vorfindet (Fig. *k*).

Neben diesem so sehr herangewachsenen Körper trifft man nun immer weniger Nucleusbruchstücke an, bis schliesslich gar keine mehr zu finden sind. Dagegen traf ich schon auf den Stadien der Figg. *h*, *i* und schliesslich neben dem mächtig herangewachsenen Körper, von dem es nun nicht mehr zweifelhaft sein kann, dass er den neugebildeten Nucleus der aus der Conjugation hervorgegangenen Vorticelle darstellt, einen characteristischen Nucleolus (Figg. *h*, *i* und *l*, *x* od. *α*). Ueber die Herkunft dieses Nucleolus wage ich vorerst keine Ansicht auszusprechen, ich glaube jedoch, dass es meinen jetzigen Erfahrungen am meisten entsprechen würde, wenn sich die Balbiani'sche Ansicht bestätigen sollte, dass dieser Nucleolus der unverändert erhalten gebliebene des grossen Conjugationsthieres sei. Leider muss ich aber vorerst auch hier noch das Schicksal der Bruchstücke der ehemaligen Nuclei der sich conjugirenden Thiere zweifelhaft lassen; ich habe bis jetzt kein Anzeichen dafür zu finden vermocht, dass dieselben sich mit dem neugebildeten Nucleus vereinigten, ich kann sogar von *Vorticella nebulifera* einige, wiewohl nicht ganz vorwurfsfreie Beobachtungen anführen, die mir die schliessliche Vereinigung der Nucleusbruchstücke mit dem neugebildeten Nucleus sehr unwahrscheinlich machen. Unter den aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren traf ich nämlich hier auch auf einige, die schon wieder einen bandförmigen, gewöhnlichen Nucleus enthielten, daneben jedoch noch eine geringe Anzahl von kleinen Körpern, die vollständig den Nucleusbruchstücken der aus der Conjugation hervorgegangenen Individuen entsprachen. Hätte ich es in diesem Falle nicht versäumt, mich durch Färbungsversuche über die Natur jener Körperchen noch mehr zu versichern, so würde ich nicht anstehen, diesen Beobachtungen eine grössere Tragweite in dem Sinne zuzuschreiben, dass das Vorkommen von ehemaligen Bruchstücken der alten Nuclei neben einem neuen, der schon wieder die characteristische Formation des Nucleus der Vorticellen angenommen hat dafür spreche, dass die Bruchstücke des alten Nucleus bei der Reconstitution des neuen keine Verwendung finden, sondern wahrscheinlich ausgeworfen werden.

Unter den oben erwähnten Formen von *Vorticella nebulifera* traf ich nun auch auf die eigenthümliche, welche ich mir erlaubt habe, in Fig. *m* wiederzugeben. Hier fanden sich zwei bandförmige Nuclei von mässiger Länge im Vordertheil des Körpers, zwischen welchen es

mir ganz unmöglich war einen Zusammenhang zu entdecken. Daneben fanden sich noch eine Anzahl characteristischer Nucleusbruchstücke im Leibe des Thieres zerstreut. Eine Erklärung für diese eigenthümliche Form kann ich nur darin finden, dass in diesem Falle ausnahmsweise zwei der neugebildeten Nuclei (vergl. z. B. Fig. *i*) frühzeitig bandartig ausgewachsen seien.

Die hier vorgetragene Auffassung der Conjugationserscheinungen der Vorticellen*) scheint mir am besten meinen, bis jetzt leider nur sehr lückenhaften Beobachtungen zu entsprechen und gleichzeitig allein einen Anschluss an die, von mir bei anderen Infusorien ermittelten Verhältnisse zu gestatten. Hoffentlich wird sich mir Gelegenheit bieten, die noch vorhandenen Lücken auszufüllen, sobald eine Beschaffung des nöthigen Materiales wieder möglich ist.

Bekanntlich findet sich jedoch bei den Vorticellen, wie zuerst die Untersuchungen von Claparède und Lachmann zeigten, auch Conjugation von zwei Individuen gleicher Beschaffenheit auf ihren Stielen. Ich habe diese Form der Conjugation bis jetzt ein einziges Mal bei *Vorticella nebulifera* beobachtet. Die betreffenden Thiere wurden zwei Tage in dem conjugirten Zustande verfolgt; die genauere Untersuchung nach Ablauf dieser Frist ergab mit Sicherheit, dass dieselben einen zusammenhängenden, bandförmigen Nucleus besassen; die jedem einzelnen Individuum angehörige Hälfte war etwas kürzer als der Nucleus eines gewöhnlichen Thieres, die feinere Beschaffenheit war dieselbe wie im normalen Zustand. Die Beobachtung von Nucleoli gelang nicht. Es scheint demnach, als wenn sich diese eigenthümliche und seltene Form der Conjugation der Vorticellen jenen von Engelmann bei *Stylonichia* beobachteten Conjugationserscheinungen anschlösse, in Folge deren die zwei zusammengetretenen Thiere völlig miteinander verschmelzen und auch ihre Nuclei (und Nucleoli?) sich gänzlich miteinander vereinigen, worauf ohne weitere Absonderlichkeiten aus dem Verschmelzungsproduct wieder ein normales, sich durch Theilung fortpflanzendes Thier hervorgeht.

Noch muss ich mit einigen Worten eines Werkes gedenken, dass erst einige Zeit nach Vollendung des Manuscriptes in meine Hände gelangte. Ich meine die »Études sur les microzoaires« von E. de Fromentel (116). Es wäre ein zu billiges Vergnügen, wenn ich es mir hier zur Aufgabe machte, dem Verfasser dieser Studien, der ohne Zweifel viel Zeit und Mühe auf die Beobachtung der Infusorien verwandt hat, im Einzelnen nachweisen zu wollen, wie wenig seine Ansichten über Bau und Fortpflanzung der Infusorien mit den Ergebnissen

*) Die wenigen, früher von mir gesehenen und im Laufe der vorstehenden Abhandlung beschriebenen Stadien der *Vorticella Campanula* wird sich der Leser leicht den jetzigen Erfahrungen gemäss deuten können.

der Forschungen der Neuzeit harmoniren. Fromentel befindet sich, bezüglich der neueren Untersuchungen seit Claparède und Lachmann, in der naivsten Unkenntniss; so ist ihm nicht nur das grosse Werk Stein's »der Organismus der Infusionsthiere« gänzlich unbekannt, sondern es sind dies auch die wichtigsten Arbeiten Balbiani's, seines Landsmannes. Ich glaube daher kein Unrecht zu begehen, wenn ich ein näheres Eingehen auf dieses Werk, hier unterlasse.*)

---

*) Einige während des Druckes dieser Arbeit erschienene Schriften über die Vermehrung der Zellkerne etc. konnten nicht mehr eingehender berücksichtigt werden, da einmal durch dieselben die Auffassung meiner Beobachtungen nicht beeinträchtigt wurde, anderseits ein näheres Eingehen auf dieselben eine wesentliche Umgestaltung des schon vor der Abfassung dieser Arbeiten vollendeten Manuscriptes erfordert hätte, was nicht in meiner Absicht lag. Die betreffenden Arbeiten sind:

Mayzel, W. Ueber eigenthümliche Vorgänge bei der Theilung der Kerne in den Epithelialzellen (Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1875. No. 50.)

Auerbach, L. Zur Lehre von der Vermehrung der Zellkerne (Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1876. No. 1).

Auerbach, L. Zelle und Zellkern, Bemerk. zu Strasburger's Schrift: Ueber Zellbildung und Zelltheilung (Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausgeg. v. F. Cohn, Bd. II. Heft I).

Auch die Mittheilungen über die Kerntheilung in den Eiern der Seeigel, welche O. Hertwig in seiner mehrfach citirten Arbeit (118) gibt, sowie diejenigen E. v. Beneden's hinsichtlich der Blastodermzellen des Kanincheneies (l. c. vergl. oben p. 441), konnten leider nicht näher besprochen werden.

Verzeichniss der benützten Literatur

(insofern dieselbe nicht schon im Text angeführt worden ist). *)

1. ***Frey, H.,*** Zur Entwicklungsgeschichte des gemeinen Blutegels, *Hirudo vulgaris, Nephelis vulgaris* Sav. Froriep's Neue Notizen 1846 p. 228.
2. ***Grube, A. E.,*** Untersuchungen über die Entwicklung der Clepsinen. Königsberg, 1844.
3. ***Rathke, H.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Hirudineen. Herausgegeben von R. Leuckart. Leipzig, 1862.
4. ***Ratzel, Fr.,*** Vorläufige Nachricht über die Entwicklungsgeschichte von *Lumbricus* und *Nephelis*. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. XIX. p. 281.
5. — Histologische Untersuchungen an niederen Thieren. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. XIX. p. 259.
6. ***Kowalewsky, A.,*** Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden. Mémoires de l'Académie imp. de St. Pétersbourg. T. XVI. 1871. No. 12.
7. ***Claparède, E.,*** De la formation et de la fécondation des oeufs chez les vers nématodes. Mémoires de la société de physique de Genève. 1859.
8. ***Kölliker, A.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte wirbelloser Thiere. Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1843. p. 68.
9. ***Reichert,*** Der Furchungsprocess und die sogenannte Zellbildung um Inhaltsportionen. Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1846. p. 196.
10. ***Schneider, A.,*** Monographie der Nematoden. Berlin 1866.
11. ***Leuckart, R.,*** Die menschlichen Parasiten. Bd. II. Leipzig, 1867—75.
12. ***von Willemoes-Suhm, R.,*** Ueber einige Trematoden und Nemathelminthen. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXI. p. 177—203.
13. ***van Beneden, Ed.,*** Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Mém. cour. et mém. des sav. étrang. de l'Académie roy. de Belgique. T. 34. 1870.
14. ***Bütschli, O.,*** Beiträge zur Kenntniss der freilebenden Nematoden. Nov. Acta Ac. Cs. Leop. C. Bd. 36. No. 5. 1873.
15. — Vorläufige Mittheilung über Untersuchungen, betreffend die ersten Entwicklungsvorgänge im befruchteten Ei von Nematoden und Schnecken. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXV. p. 201—13.
16. ***Munk,*** Ueber Ei- und Samenbildung und Befruchtung der Nematoden. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. IX.
17. ***Auerbach, L.,*** Organologische Studien, 1. Heft. Breslau, 1874.
18. — Organologische Studien, 2. Heft. Breslau, 1874.
19. ***Robin, Ch.,*** Mémoire sur les globules polaires de l'ovule. Journal de la physiol. et de l'anatom. de l'homme et des animaux. 1862. T. V. p. 149.

*) Einige kleine Unregelmässigkeiten in der Nummerirung, die leider nicht mehr zu ändern waren, bitte ich zu entschuldigen.

20. ***Robin, Ch.,*** Mémoire sur les phénomènes qui se passent dans l'ovule avant la segmentation du vitellus. ibid. p. 65.

21. — Note sur la production du noyeau vitelline. ibid. p. 309.

22. — Mémoire sur la production du blastoderme chez les Articulés. ibid. p. 348.

23. ***Lereboullet, A.,*** Rech. d'embryol. comparée, 3. part., Embryol. du *Lymnaeus stagnalis.* Ann. d. sciences nat. Zoolog. 4. sér. T. XVIII. p. 87—211.

24. ***Ratzl, Fr.*** und ***Warschawsky, M.,*** Zur Entwicklungsgeschichte des Regenwurms (*Lumbricus agricola* Hoffm.). Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XVIII· p. 547—62.

25. ***Leydig, F.,*** Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der *Lacinularia socialis.* Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. III. 1851. p. 452—74.

26. ***Huxley,*** »*Lacinularia socialis*«. A Contribution to the Anatomy and Physiology of the Rotatoria. — Transact. of the microsc. society of London. 1852. p. 1.

27. ***Flemming, W.,*** Studien in der Entwicklungsgeschichte der Najaden. Sitzungsber. der k. Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Bd. LXXI. III. Abth. 1875. p. 1—132.

28. ***Meznikoff, E.,*** Embryologische Studien an Insecten. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. XVI.

29. ***Balbiani,*** Mémoire sur le développement des aranéides. Ann. des sciences nat. Zoolog. 5 sér. T. XVIII. 1873. p. 1—91.

30. ***Bütschli, O.,*** Vorläufige Mittheilung über Bau und Entwicklung der Samenfäden bei Insecten und Crustaceen. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXI. p. 402—414.

31. ***von Lavalette St. George, A.,*** Ueber die Genese der Samenkörper. Dritte Mittheilung. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 495—504.

32. ***Remak, R.,*** Ueber die Theilung der Blutzellen beim Embryo. Arch. f. Anatomie u. Physiologie. 1858. p. 178—88.

33. ***Heitzmann,*** Untersuchungen über das Protoplasma I—III. Sitzungsber. der k. Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Physik.-mathem. Klasse. 1873. III. Abth.

34. ***Ratzel, Fr.,*** Beiträge zur anatomischen und systematischen Kenntniss der Oligochaeten. Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. XVIII. p. 563—91.

35. ***Fol, H.,*** Études sur le développement des mollusques. 1. mém. Sur le développement des ptéropodes. Archives de Zoologie expériment. Bd. IV p. 1—144.

37. ***Gegenbauer, C.,*** Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig, 1855.

38. ***Leuckart, R.,*** Zoologische Untersuchungen. 3. Heft. Beiträge zur Naturgeschichte der Cephalophoren. Giessen, 1854.

39. ***Selenka, E.,*** Eifurchung und Larvenbildung von *Phascolosoma elongatum* Keferst Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXV. p. 442—50.

40. — Embryologie von *Cucumaria doliolum.* Sitzungsberichte der physik.-medicin. Gesellsch. zu Erlangen. 1875, Juni.

41. ***Desor, E.,*** Embryologie von *Nemertes.* Arch. f. Anat. u. Physiologie. 1848. p. 511—26.

42. ***Dieck, G.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Nemertinen. Jenaische Zeitschrift f. Medic. u. Naturwissensch. Bd. VIII. 1874. p. 500—520.

43. ***Kleinenberg, N.,*** Hydra, eine anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Studie. Leipzig, 1872.

44. ***Semper, C.,*** Ueber die Entstehung der geschichteten Cellulose-Epidermis der Ascidien. Verhandl. der physik.-medic. Gesellschaft zu Würzburg, N. F. Bd. VIII.

45. ***Oellacher, J.,*** Beiträge zur Geschichte des Keimbläschens im Wirbelthierei. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. VIII. p. 2—27.

46. ***Eimer, Th.,*** Untersuchungen über die Eier der Reptilien. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. VIII. p. 216—43. u. p. 397—434.

47. ***Bischoff, Th. L. W.,*** Entwicklung des Hundeeies. Braunschweig, 1845.

48. ***Meznikoff, E.,*** Studien über die Entwicklung der Medusen und Siphonophoren. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXIV. p. 15—83.

49. ***Götte, A.,*** Entwicklungsgeschichte der Unke. Leipzig, 1875.

51. ***Ray-Lankester,*** Summary of zoological observations made at Naples in the winter 1871—72. Ann. a. magaz. of nat. history; IV. ser. T. XI. 1873. p. 82—97.

52. ***Flemming, W.,*** Ueber die ersten Entwicklungserscheinungen im Ei der Teichmuschel. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 257—92.

53. ***von Jhering, H.,*** Ueber die Entwicklungsgeschichte der Najaden. Sitzungsberichte d. naturf. Gesellschaft zu Leipzig. I. Jahrgang. 1874. p. 3—8.

54. ***Schenk, S. L.,*** Entwicklungsvorgänge im Eichen von *Serpula* nach der künstlichen Befruchtung. Sitzungsberichte d. Wiener Akad. Mathem.-naturwiss. Klasse. 1874. Bd. 70. 3. Abth. p. 287—300.

55. ***Strasburger, E.,*** Ueber Zellbildung und Zelltheilung. Jena, 1875.

56. ***Müller, Joh.,*** Ueber *Synapta digitata* und über die Erzeugung von Schnecken in Holothurien. Berlin, 1852.

57. ***Fol, H.,*** Die erste Entwicklung des Geryonideneies. Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. VII. p. 471—92.

58. ***Schneider, A.,*** Untersuchungen über Plathelminthen. 14. Jahresbericht der oberhessischen Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde. 1873.

59. ***Oellacher, J.,*** Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Knochenfische nach Beobachtungen am Bachforellenei. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXII. p. 373—421.

60. ***Stein, Fr.,*** Die Infusionsthiere auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig, 1854.

61. ***Claparède*** et ***Lachmann,*** Études sur les infusoires et les rhizopodes. 1. et 2. parties. Anatomie et classification. Genève et Bâle, 1868.

62. — Études sur les infusoires 3. part. De la reproduction des infusoires.

63. ***Balbiani, G.,*** Note sur l'existence d'une génération sexuelle chez les infusoires. Journ. de l'anat. et de la physiologie etc. T. I. p. 347.

64. — Du role des organes générateurs dans la division spontanée des Infusoires ciliées. Journ. de l'anat. etc. T. III. 1860. p. 71—87.

65. — Note sur un cas de parasitisme improprement pris pour un mode de reproduction des infusoires ciliées. Compt. rend. de l'Acad. 1860. T. 51. p. 319.

65a. — Observations et expériences sur les phénomènes de la reproduction fissipare chez les infusoires ciliées. Cmpt. rend. T. 50. 1860. p. 1191—95.

65b. — Sur la génération sexuelle des Vorticelliens. Compt. rend. de l'Acad. de sciences. T. 81. p. 676—79.

66 — Recherches sur les phénomènes sexuelles des infusoires. Journ. de l'anat. et de physiol. de l'homme etc. T. IV. 1861. p. 102—130; 194—220 u. 465—520.

67. ***Stein, Fr.,*** Der Organismus der Infusionsthiere. Bd. I. Leipzig, 1859.

68. — Der Organismus der Infusionsthiere. Bd. II. Leipzig, 1867.

69. — Ueber einige neuere Resultate seiner Infusorienforschungen. Tageblatt der 42. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Dresden. 1868. p. 82.

70. ***Meznikoff, E.,*** Ueber die Gattung *Sphaerophrya*. Arch. f. Anatomie u. Physiologie. 1864. p. 258—61.

71. ***Eberhard, E.,*** Beitrag zur Lehre der geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XVIII. p. 120—23.

Eckhard, C., Die Organisation der polygastrischen Infusorien mit besonderer Rücksicht auf die kürzlich durch v. Siebold ausgesprochenen Ansichten über diesen Gegenstand. Archiv für Naturgeschichte. 1846. I. p. 209—35.

72. ***Schaaffhausen,*** Ueber die Organisation der Infusorien. Verhandl. d. naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande und Westphalens. 3. Folge. 5. Jahrg. 1868. Correspondenzbl. p. 52—56.

73. ***Greeff, R.,*** Untersuchungen über den Bau und die Naturgeschichte der Vorticellen. Archiv f. Naturgeschichte. 1870. Bd. I, p. 353—84 u. 1871. Bd. I. p. 185—221.

74. ***Everts, E.,*** Untersuchungen an *Vorticella nebulifera*. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXIII. p. 592—622.

75. ***Hertwig, R.***, Ueber *Podophrya gemmipara*, nebst Bemerkungen zum Bau und zur systematischen Stellung der Acineten. Morpholog. Jahrbücher, herausgegeben von Gegenbauer. Bd. I. p. 20—82.

76. ***Hertwig, R.*** und ***Lesser, E.***, Ueber Rhizopoden und denselben nahestehende Organismen. Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. X. Supplementheft, p. 35—243.

77. ***Hertwig, R.***, Ueber *Mikrogromia socialis*, eine Colonie bildende Monothalamie des süssen Wassers. Arch. f. mikrosk. Anatomie; Bd. X. Supplementheft, p. 1—34.

78. ***Bütschli, O.***, Einiges über Infusorien. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. IX. p. 657—78.

79. — Vorläufige Mittheilung einiger Resultate von Studien über die Conjugation der Infusorien und die Zelltheilung. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXV. p. 426—41.

80. — Zur Kenntniss der Fortpflanzung bei *Arcella vulgaris*. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. XI. p. 459—67.

81. ***Häckel, E.***, Zur Morphologie der Infusorien. Jenaische Zeitschrift für Medicin u. Naturwissenschaften. Bd. VII. p. 516.

82. ***Claus, C.***, Bemerkungen zur Lehre von der Einzelligkeit der Infusorien. Verhandl. der k. k. zoolog.-botan. Gesellschaft zu Wien, 1874.

83. ***Greeff, R.***, *Pelomyxa palustris* (*Pelobius*), ein amöbenartiger Organismus des süssen Wassers. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 51—73.

84. ***Schultze, F. E.***, Rhizopodenstudien I. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. X. p. 328—50.

85. — Rhizopodenstudien IV. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. XI. p. 329—53.

87. ***Schneider, A.***, Zur Kenntniss der Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXI. p. 505—12.

88. — Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. XXIV. p. 579—80.

89. ***Wallich, G. C.***, On an undescribed indigenous form of Amoeba. Ann. a. magaz. of nat. history, 3. ser. T. 11. p. 287—91 und Further observations on an undescribed indigenous Amoeba. Ebendaselbst p. 365—71 u. 434—53.

90. ***Carter, H. J.***, On Amoeba princeps and its reproductive Cells, compared with *Aethalium*, *Pythium*, *Mucor* and *Achlya*. Ann. a. magaz. of nat. history. 3. ser. T. 12. p. 30—52.

91. ***Cienkowski, L.***, Ueber *Noctiluca miliaris*. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. IX. p. 47—61.

92. ***Kölliker, A.***, *Icones histiologicae*. 1. Abtheilung. Der feinere Bau der Protozoën. Leipzig, 1864.

93. ***Pfitzer, E.***, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen (Diatomeen), in Joh. Hanstein, Bot. Abhandlungen aus dem Gebiete der Morphologie und Physiologie. 2. Heft. Bonn 1871.

94. Botanischer Jahresbericht, herausgegeben von Leop. Just. Bd. I.

95. ***de Bary, A.***, Ueber die Copulationsprocesse im Pflanzenreiche. Berichte der naturf. Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau. 1856. Sitzung v. 3. Novbr.

96. ***Sachs, J.***, Lehrbuch der Botanik. 4. Auflage. Leipzig, 1874.

97. ***Pringsheim, N.***, Ueber Paarung von Schwärmsporen, die morpholog. Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche. Monatsberichte der Berliner Akademie 1869.

98. ***de Bary, A.***, Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig, 1866.

99. ***Wrzesniowski, A.***, Beobachtungen über Infusorien aus der Umgebung von Warschau. Zeitschrift für wiss. Zoologie. Bd. XX. p. 467—511.

101. ***Balbiani, G.***, Observations sur le *Didinium nasutum* Stein. Archives de zoologie expér. T. II. 1873. p. 363—94.

102. ***van Beneden, Ed.***, Recherches sur l'évolution des Grégarines. Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique, 1871. T. XXXI. No. 5.

103. ***Häckel, E.***, Monographie der Kalkschwämme. Bd. I. Berlin, 1873.

104. ***Schneider, A. C. J.***, Sur quelques points de l'histoire du genre *Gregarina*. Archives de zoolog. expériment. T. II. 1873. p. 515—33.

105. ***Villot, A.***, Monographie des Dragonneaux. 2. partie. Archives de zoolog. expérimentale. Vol. III. 1874. p. 181—238. (Mir nur durch den Bericht Nitsche's, 1874. p. 365 bekannt).

106. ***Greeff, R.,*** Ueber freilebende Nematoden. Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn. 1870.

107. — Ueber Radiolarien und radiolarienartige Rhizopoden des süssen Wassers. Sitzungsberichte der Gesellschaft z. Beförderung d. ges. Naturwissensch. z. Marburg, 1873. No. 5. p. 47—64.

108. ***Ehrenberg,*** Die Infusionsthiere als vollkommene Organismen. Leipzig, 1838.

109. ***von Jhering, H.,*** Ueber die Entwicklungsgeschichte von *Helix*. Jenaische Zeitschrift f. Medicin und Naturwissensch. Bd. IX. 1875. p. 299—338.

110. ***Engelmann, Th. W.,*** Zur Naturgeschichte der Infusionsthiere. Zeitschrift f. wiss. Zoologie. Bd. XI. p. 347—93.

111. ***Warneck, N. A.,*** Ueber die Bildung und Entwicklung des Embryos bei Gastropoden. Bullet. de la société des naturalistes de Moscou. T. XXIII. p. 90—194.

112. ***Derbès,*** Observations sur le mécanisme et les phénomènes qui accompagnent la formation de l'embryon chez l'oursin comestible. Ann. d. sciences nat. Zoologie. III. sér. T. VIII. p. 80—99.

113. ***Müller, A.,*** Ueber die Befruchtungserscheinungen im Ei der Neunaugen. Schriften der königl. physik.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg, 5. Jahrg. 1864. p. 109—19.

114. ***Bischoff, Th. L. W.,*** Mém. sur la maturation et la chute périodique de l'oeuf de l'homme et des mammifères, indépendamment de la fécondation. Ann. d. sc. nat. Zoolog. 3. sér. T. 2. p. 104—162.

115. ***de Quatrefages, A.,*** Études embryogéniques. Mémoire sur l'embryogénie des tarets. Ann. des sciences nat. Zool. 3. sér. T. 11. p. 202—28.

116. ***de Fromentel, E.,*** Études sur les microzoaires ou infusoires proprement dits. Fascic. 1 u. 2. Paris, 1874.

117. ***Müller, P. E.,*** Jagttagelser over nogle Siphonophorer. Schioedte's Naturhistorisk Tidskrift. 3 R. Bd. 7. 1871. p. 261—332.

118. ***Meissner,*** Ueber die Befruchtung der Eier von *Echinus esculentus*. Verhandl. d. naturf. Gesellsch. in Basel, 1856. 3. Heft. p. 374.

Hertwig, O., Beiträge zur Kenntniss der Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. Morphologische Jahrbücher, herausgegeben von Gegenbauer. Bd. I. p. 347—434. (Auch separat.)

Alphabetisches Namen- und Sachregister.

(Nur das Wichtigere ist berücksichtigt.)

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

Berichtigungen.

p. 242, 11. Zeile von unten, lies 111 statt 110.
p. 250, 10. Zeile von oben, lies 404 statt 402.
p. 294, 5. Zeile von oben, lies Fig. 12 statt Fig. 10.
p. 321, lies *Bursaria truncatella* O. F. Müller statt *B. truncatella* Ehrbg.
p. 397, 10. Zeile von oben, lies 35 statt 37.
p. 427, 1. Zeile von oben, lies *Pandorina* statt *Pandora*.

Statt Syzigie, wie mehrfach geschrieben ist, lies Syzygie.

Inhaltsverzeichniss.


NATURAL HISTORY



Tafel I.

Die ersten Entwicklungsvorgänge im Ei von *Nephelis vulgaris,* Moqu. Tand.

Sämmtliche Figuren nach Essigsäurepräparaten.

Fig. 1. Dotter mit aufsitzendem Spermatozoon und zur Kernspindel umgewandeltem Eikern.

Fig. 2. Austritt des Eikerns, ein excentrisch, ziemlich nahe der Dotteroberfläche gelegener Centralhof mit Strahlung ist entstanden.

Fig. 3. Die Ausstossung des Eikerns ist vollendet, der neuentstandene Centralhof, sammt der Strahlung, ist in das Centrum des Dotters gerückt und zwei junge Kernchen haben sich gebildet.

Fig. 4. Die drei Richtungsbläschen, stärker vergrössert, kurz nach ihrem Austritt.

Fig. 5. Drei junge Kernchen im Centralhof der Strahlung; die beiden zuerst ausgetretenen Richtungsbläschen haben sich wieder vereinigt.

Fig. 6. Dotter mit zwei neuen, sehr ansehnlich herangewachsenen Kernen.

Fig. 7. Aehnliches Stadium, die beiden Kerne jedoch noch nicht so sehr gewachsen, daher noch Reste des Centralhofes und der Strahlung sichtbar.

Fig. 8. Erster Furchungskern, noch das Hervorgehen aus der Verschmelzung zweier Kerne zeigend.

Fig. 9. Richtungsbläschen um diese Zeit.

Fig. 10. Der erste Furchungskern in der Metamorphose zur Kernspindel.

Fig. 11. Ausgebildete Kernspindel, schon mit getheilter Kernplatte, deren Hälften in die Spindelenden gerückt sind.

Fig. 12. Weitere Umformung des Kernes im Verlaufe der Theilung. Die sogenannte Kernplatte ist gebildet.

Fig. 13. Entstehung zweier neuer Kernchen aus den Kernplatten.

Fig. 14. Ein Kern desselben Stadiums mehr vergrössert, die beiden Kernchen des einen Endes sind schon zum Theil verschmolzen.

Fig. 15. Die erste Furchung ist nahezu vollendet, die beiden neuen Kerne sind bedeutend gewachsen.

Fig. 16. Die um diese Zeit wieder vereinigten Richtungsbläschen.

Fig. 17. Die zusammengefallenen beiden ersten Furchungskugeln mit vollständig ausgebildeten Kernen.







Tafel II.

Figg. 1*a* und 2*a* von *Nephelis vulgaris*.

Fig. 1*a*. Der Kern der grösseren Furchungskugel in der Umwandlung zur Kernspindel begriffen.

Fig. 2*a*. Die grössere Furchungskugel direct nach ihrem Zerfall zu zweien; der Kern der kleineren Furchungskugel zur Spindel umgewandelt.

Figg. 1—4. Erste Entwicklungsvorgänge von *Tylenchus imperfectus* Btschli.

Fig. 1. Der Keimbläschenfleck drängt nach der Peripherie des Dotters, die sich ihm entgegen grubenartig eingesenkt hat.

Fig. 2. Der Keimbläschenfleck hat die Dotteroberfläche erreicht und das Richtungskörperchen austreten lassen.

Fig. 3. Der Keimbläschenfleck sinkt wieder in den Dotter zurück.

Fig. 4. Der Dotter nach dem Zerfall in zwei Furchungskugeln, die Lage des Richtungskörperchens beweist, dass auch hier dessen Austrittsstelle in die erste Theilungsebne fällt.

Figg. 5—8. Erste Entwicklungsvorgänge von *Anguillula rigida* Schndr.

Fig. 5. Ei nach dem Austreten des Keimbläschens.

Fig. 6. Im hellen Protoplasma, am oberen und unteren Pol, bildet sich je ein Kern.

Fig. 7. Der Kern des unteren Pols hat sich gebildet und ist schon weit nach dem oberen Pol hingerückt.

Fig. 8. Der Kern des oberen Pols hat sich fast völlig ausgebildet, der des unteren ist dicht an ihn herangerückt.

Figg. 10—15. Erste Entwicklungsvorgänge von *Diplogaster similis* Btschli.

Fig. 10. Die beiden neuen Kerne der ersten Furchungkugel gebildet, der Dotter in sehr lebhafter amöboider Bewegung.

Fig. 11. Die beiden Kerne dicht zusammengetreten.

Fig. 12. Die Kerne verschmolzen und längsgestreckt (schon im Uebergang zur Kernspindel begriffen); die Bewegung des Dotters erlischt allmälig.

Fig. 13. Die Theilung im Gange, die Bewegung des Dotters ist nahezu erloschen.

Fig. 14. Die beiden Furchungskugeln kurz nach der Theilung.

Fig. 15. Durch energische, amöboide Bewegungen haben sich die beiden Furchungskugeln verschoben und theilen sich von neuem.

Figg. 16—21. Verschiedene Formen, welche der in lebhafter amöboider Bewegung begriffene Dotter von *Trilobus pellucidus* Bastian im Verlaufe von 5 Minuten annahm.

Fig. 22. Ei von *Oxyuris Diesingii* nach dem Verschwinden des Keimbläschens im Maximum der Condensation des Dotters, derselbe schickt nach unten ein hyalines Pseudopodium aus.

Figg. 23 u. 24. Zwei Eier desselben Nematoden im Beginne der Dottercondensation; man bemerkt das in dem einen Dotterpol dicht unter die Oberfläche getretene Keimbläschen.



O. Bütschli gez.




NATURAL HISTORY

Tafel III.

Erste Entwicklungsvorgänge von *Cucullanus elegans* Zed.

Alle Figuren nach Essigsäurepräparaten gezeichnet.

Fig. 1. Ein Ei aus der Samentasche mit einem der Dotteroberfläche eingesenkten Spermatozoon.

Fig. 2. Ein Ei nach Bildung der Dotterhaut.

Fig. 3. Aehnliches Stadium; der Keimfleck ist nicht mehr sichtbar, dagegen sind einige eigenthümliche Gebilde an Stelle desselben wahrzunehmen.

Fig. 4. Ei mit sehr excentrisch liegendem Keimbläschen.

Fig. 5. Ei mit spindelförmig metamorphosirtem Keimbläschen; dasselbe ist jedenfalls im optischen Querschnitt gesehen.

Fig. 6. Ei mit spindelförmig metamorphosirtem Keimbläschen. Um dasselbe hat sich die Dottermasse sehr contrahirt. Es scheint, als wenn die Kernspindel schon in die Dotteroberfläche hineinrage.

Fig. 7. Dasselbe Ei um einen rechten Winkel gedreht, so dass die Kernspindel jetzt im optischen Querschnitt zu sehen ist. Spermatozoon noch sichtbar.

Fig. 8. Eine Kernspindel etwas stärker vergrössert.

Fig. 9. Ei mit Keimbläschenspindel. Der Dotter hat sich sehr stark von der Kernspindel zurückgezogen. In den beiden Enden des hierdurch erzeugten Raumes je ein Dotterballen, wie es scheint.

Fig. 10. Ei mit Kernspindel, letztere im optischen Durchschnitt. Der Dotter von der Spindel sehr zurückgezogen, doch noch mit einer Menge feiner Strahlen mit derselben in Zusammenhang.

Fig. 11. Ei mit an die Oberfläche des Dotters getretener Keimbläschenspindel, letztere ist im optischen Durchschnitt gesehen.

Fig. 12. Ein Ei desselben Stadiums. Am einen Ende der auf der Dotteroberfläche liegenden Keimbläschenspindel ist ein bläschenartiges Gebilde sichtbar. Am entgegengesetzten Ende des Dotters bemerkt man noch das Spermatozoon.

Fig. 13. Ei mit noch nicht völlig formirten Richtungsbläschen.

Fig. 14. Ei mit in Bildung begriffenen Richtungsbläschen.

Fig. 15. Die beiden Richtungsbläschen sind gebildet. Zwei oder drei neue Kerne sind dicht unter der Dotteroberfläche entstanden.

Fig. 16. Ei mit drei neugebildeten, grossen Kernen; dabei die beiden Richtungsbläschen.

Fig. 17. Dotter mit vier neugebildeten Kernen; ein Richtungsbläschen sichtbar.

Fig. 18. Aehnliches Stadium mit fünf Kernen; ein Richtungsbläschen wahrnehmbar.

Fig. 19. Ei mit zwei Kernen, von welchen der eine seine Entstehung aus mehreren noch durch seine Gestalt deutlich verräth. Die beiden Richtungsbläschen sichtbar.

Fig. 20. Ei mit den beiden Richtungsbläschen; vom Kern sehr wenig sichtbar (vergl. d. Text p. 226).

Fig. 21. In Theilung begriffener Dotter; die Kernplatte der Kernspindel getheilt und die Hälften schon weit von einander gerückt.

Fig. 22. Dasselbe Ei um einen rechten Winkel gedreht, so dass man die Kernspindel im optischen Durchschnitt sieht; um dieselbe deutliche Strahlung des Protoplasmas.

Fig. 23. Weiter in der Theilung fortgeschrittenes Ei. Die beiden Richtungsbläschen sichtbar.

Fig. 24. Die ersten Spuren der Tochterkerne sind in den beiden Furchungskugeln sichtbar; der kleineren derselben haften die beiden Richtungskörperchen an.

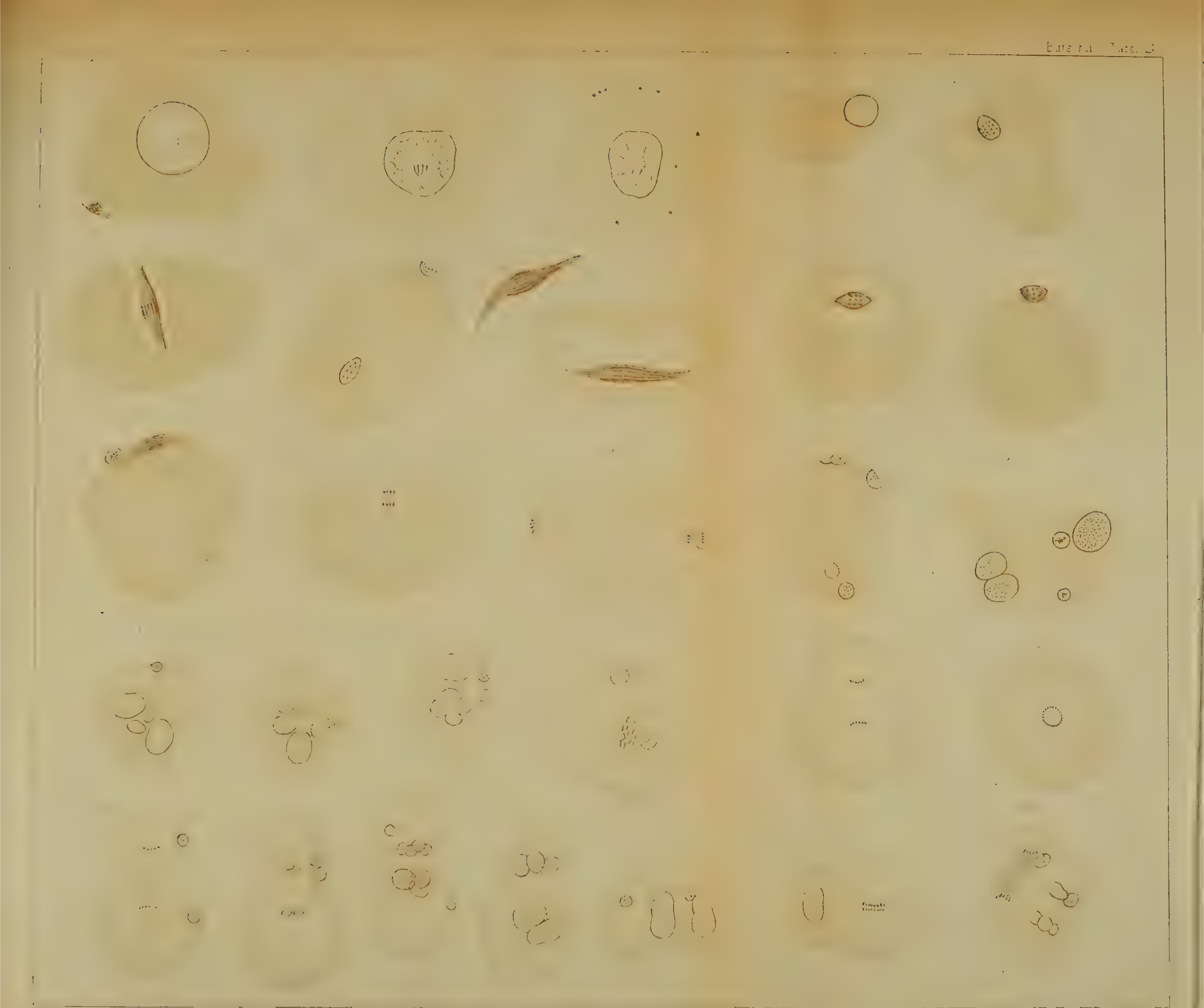
Fig. 25. Weiter vorgerücktes Stadium; in der kleinen Furchungskugel vier kleine Tochterkerne, in der grösseren vier grössere.

Fig. 26. Aehnliches Stadium.

Fig. 27. Die beiden ersten Furchungskugeln mit den durch Verschmelzung entstandenen, einfachen Kernen; beide zeigen noch die Spuren dieser Entstehungsweise.

Fig. 28. Der Kern der grösseren Furchungskugel in Vorbereitung zur Theilung zu einer Kernspindel metamorphosirt, deren Kernplatte gerade getheilt ist.

Fig. 29. Die grössere Furchungskugel schon getheilt und in ihren Sprösslingen die jungen Tochterkerne entstanden. Die kleinere Furchungskugel noch in der Theilung begriffen.




NATURAL HISTORY



Tafel IV.

Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme der Figg. 21 und 22, sind nach Präparaten entworfen, die durch längeres Verweilen (mehrere Stunden) der Eier in 2% Essigsäure erhalten worden waren.

Figg. 1—16 von *Limnaeus auricularis* Drpn.

Fig. 1. Ein Dotter direct nach der Eiablage. Der Eikern zur Spindel metamorphosirt, um seine Enden die Strahlensysteme.

Fig. 2. Dotter fünfviertel Stunden nach der Eiablage. Die Kernspindel ist mit ihrem einen Ende bis in die Dotteroberfläche hinein gerückt.

Fig. 3. An der Stelle, wo die Kernspindel die Oberfläche des Dotters berührt hatte, ist ein Richtungsbläschen hervorgetreten, von welchem aus man sehr deutliche Fasern zu einem zweiten, noch im Dotter eingeschlossenen Bläschen verfolgt. Etwa drei Stunden nach der Eiablage.

Fig. 4 Aehnliches Stadium. Im Centrum des Dotters ist noch eine Strahlung wahrzunehmen, über deren Bedeutung ich keinen rechten Aufschluss erhielt.

Fig. 5. Theil eines Dotters des Stadiums Fig. 3 stärker vergrössert, um die Richtungsbläschen und ihr Verhältniss zum Dotter besser zu zeigen.

Fig. 6. Die Richtungsbläschen sind ausgetrieben und unterhalb derselben sind eine grössere Anzahl kleiner Kernchen neu entstanden.

Fig. 7. Aehnliches Stadium; die Kernchen zum Theil mehr herangewachsen.

Fig. 8. Die neuentstandenen Kernchen haben sich zu drei ansehnlichen Kernen vereinigt. Das eine Richtungsbläschen ist bei der Präparation abgerissen worden.

Fig. 9. Aehnliches Stadium. Die neuen Kernchen sind zu zweien zusammengetreten.

Fig. 10. Durch Verschmelzung der Kerne hat sich ein grosser, einfacher gebildet, der soeben die Metamorphose zur Theilung eingeht. Es sind nämlich an zwei entgegengesetzten Stellen desselben vorerst noch kleine Strahlungssysteme im Dotter entstanden.

Fig. 11. Weiter fortgeschrittene Umwandlung des Kernes zur Theilung; derselbe ist schon längsfaserig differenzirt, jedoch sind die eigenthümlichen, früheren Binnenkörperchen zum Theile noch erhalten.

Fig. 12. Aehnliches Stadium; die in Fig. 11 noch sichtbaren Binnenkörperchen sind jetzt vollständig verschwunden, der Kern ist rein längsfaserig.

Fig. 13. Die Theilung des Dotters hat begonnen. Kernspindel sehr deutlich; in ihrem Aequator eine Zone verdickter Faserstellen. Nach Vergleichung ähnlicher Stadien anderer Objecte dürfte zu schliessen sein, dass diese Zone verdickter Stellen nicht eine Kern- sondern eine Zellplatte repräsentirt.

Fig. 14. Weiter fortgeschrittener Theilungszustand. Nach Behandlung mit concentrirter Essigsäure tritt die helle Figur hervor, deren Beziehungen zu dem in Theilung begriffenen Kern durch die Figg. 19—20 illustrirt wird.

Fig. 15. Einige Zeit nach vollzogener Zweitheilung.

Figg. 16—23 von *Succinea Pfeifferi* Rssmsl.

Fig. 16. Nach der Zweitheilung des Dotters; etwas späteres Stadium als Fig. 15; die beiden Dotterkugeln sind zusammengefallen.

Fig. 17. Stadium entsprechend der Fig. 5.

Fig. 18. Nach Ausstossung der Richtungsbläschen. Zwei neue, sehr ansehnliche Kerne sind entstanden.

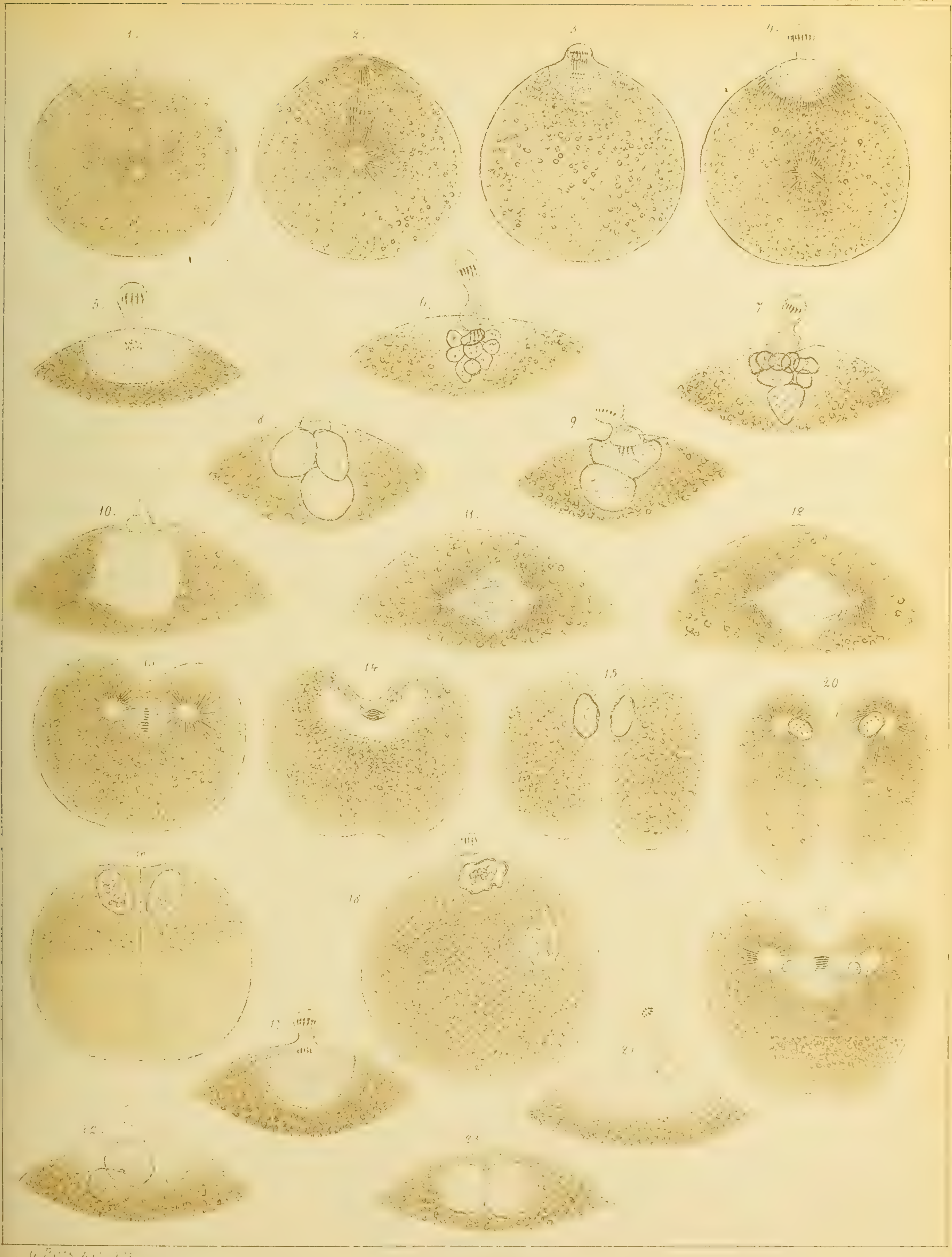
Fig. 19. Theilungszustand. Aus den Enden der Kernspindel hat sich, in bis jetzt noch nicht näher zu erforschender Weise, je ein kleiner Kern hervorgebildet. Im Aequator der Kernspindel ist eine Zellplatte sichtbar, die jedoch nur einen Theil derselben durchzieht. Vergl. Fig. 14.

Fig. 20. Weiter fortgeschrittener Theilungszustand, die Durchfurchung ist jedenfalls schon nahezu völlig vollzogen. Tochterkerne mehr herangewachsen, durch einen sehr deutlichen Kernfaserstrang noch verbunden.

Fig. 21. Theil eines lebenden Dotters. In dem hellen Protoplasma, unterhalb der Richtungsbläschen, ist ein kleiner Kern aufgetaucht, der in lebhaftem Wachsthum begriffen ist.

Fig. 22. Dasselbe Object einige Zeit später. Der Kern ist sehr herangewachsen und hinter ihm noch ein zweiter hervorgetaucht.

Fig. 23. Dasselbe Object einige Zeit später nach Behandlung mit Essigsäure. Die beiden Kerne dicht zusammengepresst, jedenfalls kurz vor ihrem Verschmelzen.




NATURAL HISTORY



Tafel V.

Theilung der Urkeimzellen der Spermatozoën von *Blatta germanica.*

Fig. 1. Protoplasmamasse eines Hodenfollikels mit zahlreichen Kernen; an beiden Enden einige Kerne, die mit einer Partie des Protoplasmas als Keimzellen sich abzulösen im Begriffe stehen (lebender Zustand).

Fig. 2. Aehnliche Protoplasmapartie mit fadenartigem Fortsatz, der ihre Ablösung von einer grösseren Masse verräth (Essigsäurepräparat).

Figg. 3 u. 4. Zwei grosse oder Urkeimzellen in indifferenter Zusatzflüssigkeit.

Fig 5. Eine solche nach Behandlung mit Essigsäure.

Figg. 6 u. 7. Zwei Kerne solcher Zellen nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 8. Eine Urkeimzelle; der Kern in Vorbereitung zur Theilung (Essigsäurepräparat).

Fig. 9. Der Kern einer ähnlichen Zelle (Essigsäurepräparat).

Figg. 10 u. 11. Zwei Zellen mit zur Spindel sich umformendem Kern (in indifferenter Flüssigkeit).

Fig. 12. Zelle mit ausgebildeter Kernspindel (Essigsäurepräparat).

Fig. 13. Theilung der Kernplatte (Essigsäurepräparat).

Fig. 14. Die Kernplattenhälften sind in die Enden der Kernspindel gerückt, die Theilung des Zellenleibes hat begonnen (Essigsäurepräparat).

Fig. 15. Weiterer Fortschritt der Theilung (Essigsäurepräparat).

Fig. 16. Erste Differenzirung der Tochterkerne aus den Kernplattenhälften (Essigsäurepräparat).

Fig. 17. Weiterer Fortschritt (Essigsäurepräparat).

Fig. 18. Ebenso (Essigsäurepräparat).

Fig. 19. Etwas abweichender Vorgang der Theilung.

Fig. 20. Zwei Tochterzellen mit schon ziemlich ausgebildeten Kernen, welche nur durch wenige Fasern noch zusammenhängen (in indifferenter Flüssigkeit).

Fig. 21. Theilungszustand; es scheint hier fast, als wenn die Tochterkerne sich, ähnlich wie dies in den Furchungskugeln von *Nephelis* und *Cucullanus* beobachtet wurde, ursprünglich in mehrfacher Anzahl differenzirten (Essigsäurepräparat).

Fig. 22. Zwei Tochterzellen, deren vollständig ausgebildetem Kerne in etwas abweichender Weise noch durch einige Fasern zusammenhängen (Essigsäurepräparat).

Figg. 24 u. 25. Zellen mit zwei Kernen in verschiedener Weise der Theilung (in indifferenter Flüssigkeit).






BRITISH
NATURAL HISTORY

Tafel VI.

Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme von Fig. 3, nach Essigsäurepräparaten (1%) entworfen.

Fig. 1. Kern eines rothen Blutkörperchens von *Rana esculenta.*
Fig. 2. Rothes Blutkörperchen von *Rana esculenta* mit einem eigenthümlichen Körper neben dem Kern.
Fig. 3. Rothes Blutkörperchen desselben Thieres mit einem ähnlichen Körper (2% Ess. + 2% $NaCl_2$).
Fig. 4. Weisses Blutkörperchen von *Rana esculenta.*
Fig. 5. Weisses Blutkörperchen von *Triton taeniatus.*
Fig. 6. Ein Körperchen eines solchen mit vier kleinen Kernen.
Fig. 7. Weisses Körperchen von *Triton taeniatus.*
Figg. 8—12. Verschiedene einfache Kerne weisser Körperchen von *Rana esculenta.*
Fig. 13. Weisses Körperchen mit einem Kern von *Triton.*
Fig. 14. Zwei Kerne einkerniger Körperchen von *Triton.*
Fig. 15. Aehnlicher Kern von *Rana esculenta.*
Fig. 16. Weisses Körperchen von *Rana esculenta.*
Fig. 17. Kerne eines weissen Körperchens von *Rana esculenta.*
Fig. 18. Theilungszustand eines mehrkernigen Körperchens von *Rana esculenta.*
Fig. 19. Weisses Körperchen von *Triton taeniatus* mit zwei eigenthümlich spindelförmig gestalteten Kernen.
Fig. 20. Körperchen von *Rana esculenta*, wahrscheinlich aus dem Theilungszustand Fig. 18 hervorgegangen.
Figg. 21 u. 22. Zwei weisse, mehrkernige Körperchen von *Triton taeniatus* mit in Theilung begriffenen Kernen.
Figg. 23—29. Theilungszustände embryonaler rother Blutkörperchen des Hühnchens.
Figg. 30 u. 31. Zwei in Theilung begriffene Blastodermzellen von *Musca vomitoria* mit spindelförmig metamorphosirtem Kern.







Tafel VII.

Figg. 1—19. Zur Conjugation von *Paramaecium Bursaria* Ehrbg.

(Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Fig. 10, sind nach Präparaten, welche der Einwirkung des Wassers durch Zerfliessenlassen ausgesetzt waren, entworfen).

Fig. 1. Nucleolus im Beginn des Auswachsens in Folge der Conjugation.

Fig. 2. Grosse gekrümmte, aus dem vorhergehenden Stadium entstehende Kapsel.

Fig. 3. Folgendes Stadium.

Fig. 4. Theilungszustand einer solchen Kapsel. Der Verbindungsstrang wird zwischen x u. x durch Essigsäure (1%) bis zum Verschwinden aufgequellt.

Fig. 5. Eine Hälfte einer soeben zerfallenen Kapsel. Die Membran hat sich auch von dem Verbindungsstrang weit abgehoben.

Figg. 6 u. 7. Kapseln kurz nach der Theilung, noch mit schwanzartigem Anhang.

Fig. 8. Eine Kapsel zweiter Generation.

Fig. 9. Ein Thier kurz nach Aufhebung der Conjugation mit unverändertem Nucleus und 4 Nucleoluskapseln.

Fig. 10. Ein Thier etwa eine Stunde nach aufgehobener Conjugation; zwei der Nucleoluskapseln sind zu lichten Kugeln herangewachsen (lebender Zustand).

Fig. 11. Ein Thier am zweiten bis dritten Tag nach aufgehobener Conjugation. Die zwei anderen Nucleoluskapseln haben sich rückgebildet.

Fig. 12. Nucleoluskapsel zweiter Generation von etwas abweichendem Bau aus einer Syzygie (vergl. pag. 294).

Figg. 13 u. 14. In Rückbildung begriffene Nucleoluskapseln (vergl. Fig. 11).

Fig. 15. Ein Thier am fünften Tag etwa nach aufgehobener Conjugation. Die aus den beiden Nucleoluskapseln hervorgegangenen, lichten Kugeln sind zu ansehnlichen, nucleusartigen Körpern herangewachsen.

Fig. 16. Ein Thier etwa vom siebenten Tag nach aufgehobener Conjugation. Der eine der aus den Nucleoluskapseln hervorgegangenen, nucleusartigen Körper ist in Umbildung zu einem Nucleolus begriffen.

Fig. 17. Ein Thier am elften Tag nach aufgehobener Conjugation; der neue Nucleolus gebildet.

Fig. 18. Ein in Rückbildung zu einem Nucleolus begriffener Körper (vergl. Fig. 15).

Fig. 19. Thier am elften Tage nach aufgehobener Conjugation; der neue Nucleus hat sich durch Vereinigung der beiden von Fig. 17 gebildet.

Figg. 20—23. Zur Conjugation von *Chilodon Cucullulus* Ehrbg. (Essigsäurepräparate).

Fig. 20. Ein conjugirtes Paar mit im Auswachsen begriffenen Nucleoli.

Fig. 21. Thier am zweiten Tage nach aufgehobener Conjugation (vergl. pag. 318).

Fig. 22. Eine in Theilung begriffene Nucleoluskapsel eines conjugirten Paares.

Fig. 23 Die Kapsel des anderen Thieres dieses Paares.






BRITISH
NATURAL HISTOR

Tafel VIII.

Zur Conjugation von *Paramaecium putrinum* Cl. u. Lchm.

Fig. 1. Frühestes, beobachtetes Entwicklungsstadium des Nucleolus nach eingegangener Conjugation.

Fig. 2. Ausgebildete Nucleolus- (Samen-) Kapsel (erste Generation).

Fig. 3. Theilung einer Nucleoluskapsel in fünf aufeinander folgenden Zuständen (*a—e*). Nach Beobachtungen am lebenden Thier.

Fig. 4. Eine in Theilung begriffene Nucleoluskapsel (vergl. Fig. 3*d*).

Fig. 5. Ein weiter fortgeschrittenes Stadium.

Fig. 6. Eine in Theilung begriffene Kapsel, ungefähr von Stadium der Fig. 4; durch Zusammenschnurren der Hüllmembran bei der Isolation sehr verkürzt.

Fig. 7. In Theilung begriffene Kapsel erster Generation, die Hüllmembran bei der Isolation sehr geschnurrt und aufgebläht. Eigenthümliche dunkle Endspitzen.

Fig. 8. Die entsprechende Kapsel des anderen Thieres; ihre natürliche Gestalt ziemlich gut erhalten.

Fig. 9. Ausgewachsener Kern eines Thieres einer Syzygie, jedes der conjugirten Thiere mit zwei Nucleoluskapseln zweiter Generation.

Fig. 10. Ausgewachsener und verzweigter Kern eines Thieres einer Syzygie. Jedes der Thiere enthält eine in Theilung begriffene Nucleoluskapsel erster Generation.

Fig. 11. Eine Syzygie gegen Ende der Conjugation. Jedes Thier enthält acht Nucleoluskapseln vierter Generation und einen in völligem Zerfall begriffenen Nucleus.

Figg. 12*a* u. *b*. Die beiden Theilsprösslinge eines Thieres, das sich den folgenden Tag nach aufgehobener Conjugation getheilt hatte. Jeder der Sprösslinge enthält zwei weiter entwickelte Nucleoluskapseln; die vier anderen Nucleoluskapseln sind geschrumpft und sehr reducirt; der eine Sprössling (*a*) enthält nur eine, der andere (*b*) drei derselben.

Figg. 13—20. Umwandlungszustände der in Weiterentwicklung begriffenen Nucleoluskapseln, wie sie in zeitlicher Aufeinanderfolge in aus der Conjugation hervorgegangenen Thieren beobachtet wurden. (Fig. 13—15 vom ersten Tag nach aufgehobener Conjugation; 16 vom zweiten Tag, 17—19 vom dritten Tag und 20 vom fünften Tag nach aufgehobener Conjugation).

Fig. 21. Sprössling eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres am vierten Tag nach aufgehobener Conjugation. Die weitergebildete Nucleoluskapsel, der Stamm eines neuen Nucleus, ist neben zahlreichen Bruchstücken des ehemaligen Nucleus zu sehen.

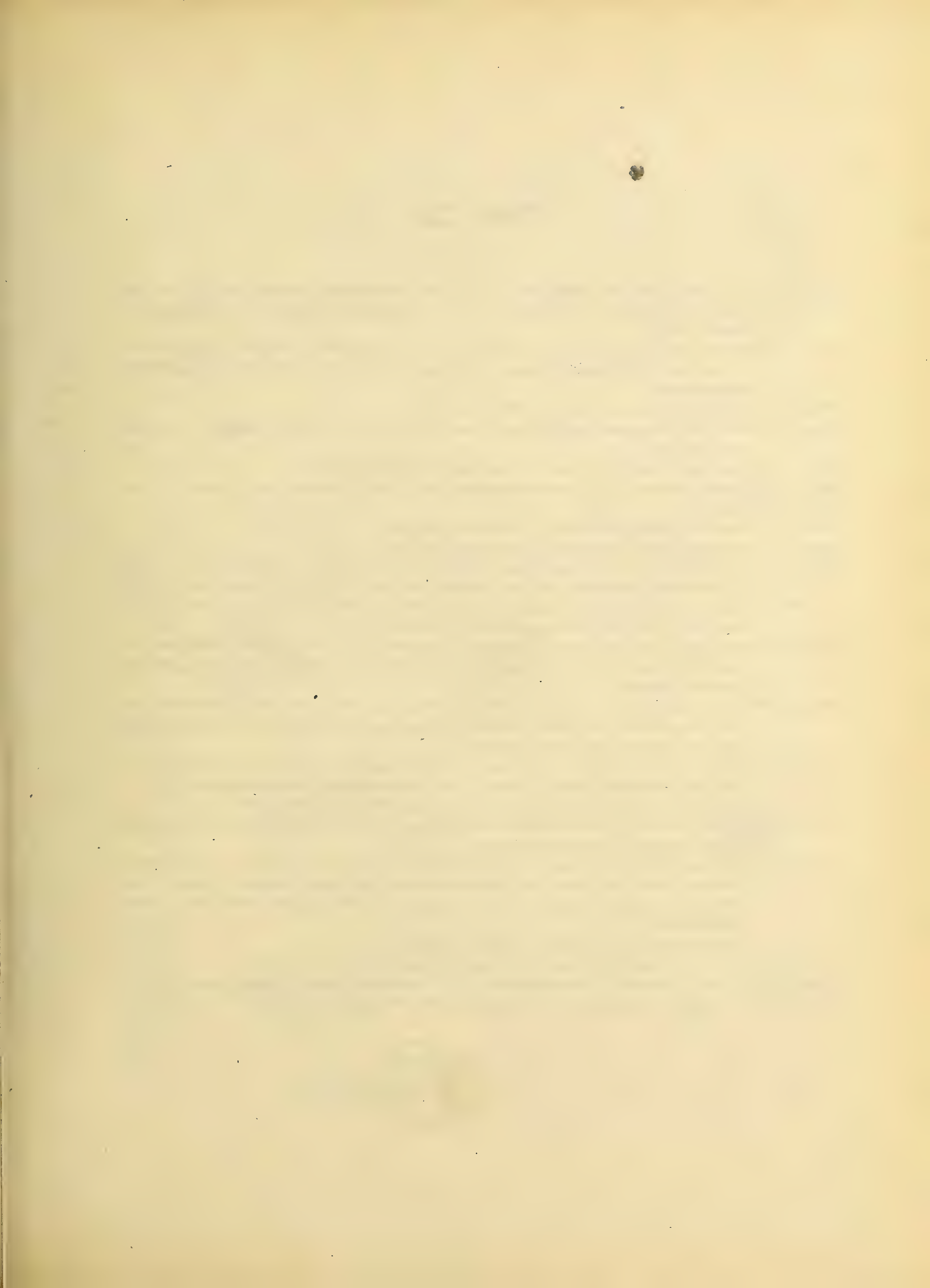
Figg. 22 u. 23. Zwei dieser Nucleusbruchstücke stärker vergrössert.

Fig. 24. In Neubildung begriffener Nucleus eines Thieres am sechsten Tage nach aufgehobener Conjugation (stärker vergrössert).

Fig. 25. Sprössling eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres am sechsten Tage nach aufgehobener Conjugation. Der neue Nucleus schon sehr herangewachsen; die Bruchstücke des ehemaligen Nucleus bis auf wenige geschwunden.







Tafel IX.

Fig. 1. Aus der Conjugation hervorgegangenes Exemplar von *Paramaecium putrinum* (vierter Tag nach aufgehobener Conjugation). Enthält eine Anzahl aus den Nucleusbruchstücken hervorgegangener, dunkler Kugeln.

Fig. 2. Conjugirtes Paar von *P. putrinum*, das eine Thier mit reconstituirtem Nucleus, das andere hingegen nur mit einer Anzahl dunkler Kugeln, entsprechend Fig. 1. Beide mit je einer normal entwickelten Nucleoluskapsel.

Fig. 3. Ein Nucleolus von *P. Bursaria* nach Wassereinwirkung.

Fig. 4. Nucleus mit anliegendem Nucleolus von *P. Bursaria*, der erstere zahlreiche dunkle Verdichtungen einschliessend.

Fig. 5. Nucleus von *P. Bursaria* mit einer ansehnlichen, centralen Verdichtung.

Fig. 6. Ein faserig-differenzirter, in Theilung begriffener Nucleus von *P. Bursaria* mit den schon getheilten Nucleoli.

Fig. 7. Nucleus mit anliegendem Nucleolus von *Colpidium Colpoda.*

Fig. 8. Zwei isolirte, stärker vergrösserte Nucleoli desselben Thieres.

Fig. 9. Conjugirtes Paar von *Colpidium Colpoda* im lebenden Zustand; jedes der Thiere enthält eine sehr ansehnliche Nucleoluskapsel, die hellen Kreise hinter den Nuclei sind die contractilen Vacuolen.

Fig. 10. *Colpidium Colpoda* direct nach Lösung der Syzigie (lebender Zustand) Nucleus schon sehr reducirt, zwei lichte Nucleoluskugeln im Auswachsen begriffen.

Fig. 11. Einige Stunden nach aufgehobener Conjugation; der Nucleus, zu einer dunklen Kugel verdichtet, nach dem Hinterrande des Thieres geschoben, die lichten Nucleoluskugeln sehr herangewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 12. *Glaucoma scintillans* direct nach aufgehobener Conjugation; neben dem schon reducirten Nucleus sind zwei im Leben sehr lichte Nucleuskugeln herangewachsen (Nucleus und Nucleoluskugeln sind nach Essigsäureeinwirkung gezeichnet).

Fig. 13. *Glaucoma scintillans*; zweiter Tag nach aufgehobener Conjugation; Nucleus zu einer dunkeln Kugel verdichtet, die beiden lichten Nucleuskörper sehr herangewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 14. *P. Aurelia* am siebenten Tag nach aufgehobener Conjugation (Essigsäurepräparat).

Fig. 15. Kern mit zwei dicht eingepressten Nucleusbruchstücken, von *P. Aurelia*, siebenter Tag nach aufgehobener Conjugation (Essigsäurepräparat).

Fig. 16. Neugebildeter Kern von *P. Aurelia* (fünfter Tag nach aufgehobener Conjugation). Ein Bruchstück des alten Nucleus dem neuen dicht eingepresst, daneben ein neuer Nucleolus. Noch ein zweites Bruchstück des alten Kernes fand sich in bedeutender Entfernung vom neuen Nucleus (Essigsäurepräparat).

Fig. 17. Nucleolus von *Pleuronema Chrysalis* (Essigsäurepräparat).

Fig. 18. Nucleus mit anliegenden Nucleoli von *Cyrtostomum leucas* (Essigsäurepräparat).

Fig. 19. Ein Theil des Kernes von *Nassula ornata* mit vier anliegenden Nucleoli (Essigsäurepräparate).

Figg. 20—22. Drei verschiedene Nucleoli von *Trachelius Ovum* (Essigsäurepräparat).






NATURAL HISTORY



Tafel X.

Figg. 1—19. Zur Conjugation von *Euplotes Charon* Ehrbg.

Figg. 1—11. Verschiedene Zustände der Entwickelung der Nucleoli während des Conjugationsactes (über die näheren Beziehungen der verschiedenen Formen zu einander vergl. den Text).

Fig. 12. Ein Paar conjugirter Thiere gegen Ende der Conjugation.

Fig. 13. Weiter fortgeschrittenes Paar; in dem einen Individuum sind die grossen Nucleoluskapseln der Fig. 12 zu vier kleinen, geschrumpften Kapseln zerfallen; im anderen Individuum finden sich nur zwei derartige Kapseln.

Fig. 14. Ein Paar kurz vor der Trennung. Die Nuclei sind in zwei Theile zerfallen. Von den vier kleinen Nucleoluskapseln des einen Thieres ist eine im Heranwachsen zu dem lichten Körper begriffen.

Fig. 15. Ein Thier kurz nach der Lösung der Syzygie. Eine Nucleoluskapsel ist zu einem lichten Körper herangewachsen, zwei andere finden sich daneben noch unverändert.

Fig. 16. Das vordere Nucleusstück ist nochmals zerfallen; die vier Nucleoluskapseln sind in abnormer Weise sämmtlich zu lichten Kugeln ausgewachsen.

Fig. 17. Thier einige Stunden nach aufgehobener Conjugation. Der lichte Körper ist sehr herangewachsen und ihm liegt eine zum Nucleolus rückgebildete Kapsel an. Gewöhnliches Vorkommen.

Fig. 18. Ein Thier etwa 24 Stunden nach aufgehobener Conjugation; der lichte Körper hat das Maximum seines Wachsthums erreicht. Eine verdichtete, zur Ausscheidung bestimmte Nucleuskugel noch vorhanden. c. contractile Vacuole.

Fig. 19. Thier vom dritten Tag nach aufgehobener Conjugation. Der lichte Körper ist zu einem sehr ansehnlichen Nucleusstück umgewandelt, dessen Vereinigung mit dem hintern, erhalten gebliebenen Stück des alten Nucleus bevorsteht.

Figg. 20—23. Verschiedene Zustände von Nucleoluskapseln aus conjugirten *Stylonichia pustulata* (Essigsäurepräparate).

Figg. 26—28. Durch Zerquetschen isolirte Nucleoluskapseln aus Conjugationszuständen von *Colpidium Colpoda* (vergl. Taf. IX. Fig. 9). Dieselben sind sehr zusammengeschnurrt durch die Zusammenziehung und Aufblähung der Hüllmembran.

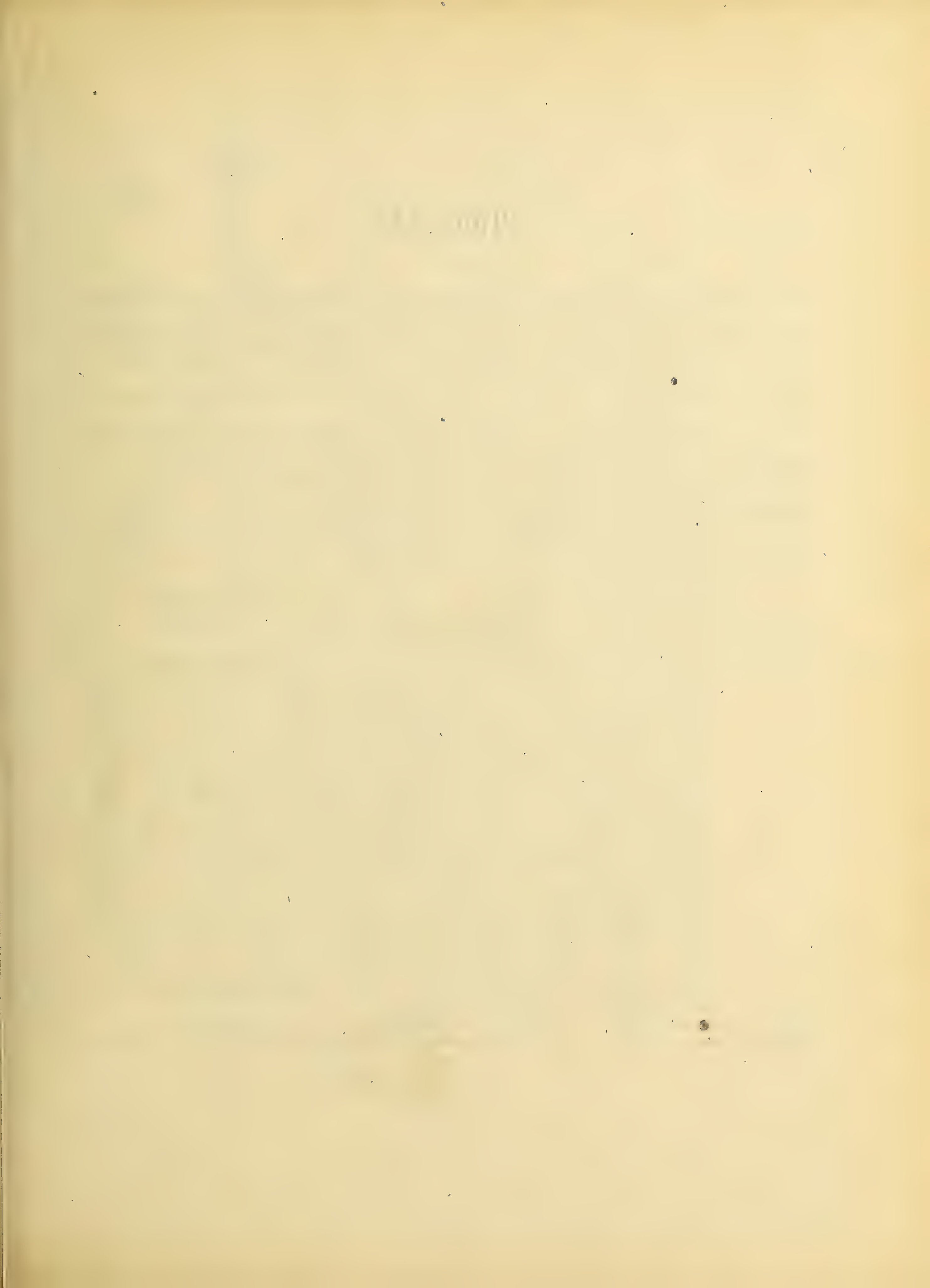
Figg. 29 u. 30. In Theilung begriffener Nucleolus von *Carchesium polypinum* (während der gewöhnlichen Theilung des Infusors). Fig. 29 im lebenden Zustand; Fig. 30 nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 31. Weiter fortgeschrittener Theilungszustand des Nucleolus von *Carchesium polypinum.*

Fig. 32. Nucleolus von *Vorticella nebulifera* im lebenden Zustand.







Tafel XI.

Fig. 1. Nuclei und Nucleoli von einem in Theilung begriffenen *Stylonichia Mytilus.* (Ein weiter vorgerücktes Stadium der Theilung der Nucleoli siehe auf Taf. XV. Fig. 5) (Essigsäurepräparat).

Fig. 2. Nuclei und Nucleoli von einem in Theilung begriffenen *St. pustulata.* Die Theilung der Nucleoli ist schon vollzogen, jedoch sind ihre Sprösslinge noch streifig differenzirt (Essigsäurepräparat).

Fig. 3. Conjugationszustand von *St. pustulata* gegen Ende der Conjugation. c. contractile Vacuolen. Ein lichter Körper ist in jedem der Thiere hervorgewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 4. Conjugationszustand von *St. pustulata* kurz vor Lösung der Syzygie. Die beiden Nuclei haben sich zu dunkeln Kugeln verdichtet (Essigsäurepräparat).

Fig. 5. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier von *St. pustulata*, etwa 24—48 Stunden nach aufgehobener Conjugation, in lebendem Zustand. Der lichte Körper hat das Maximum seines Wachsthums erreicht, daneben liegen die beiden sehr reducirten Nucleoluskugeln.

Fig. 6. Der lichte Körper eines aus der Conjugation hervorgegangenen *St. pustulata* bereitet sich zur Umwandlung in den neuen Nucleus vor, indem er sich faserig differenzirt.

Fig. 7. Aehnlicher, schon ziemlich geschrumpfter, lichter Körper mit den ihm anliegenden beiden Nucleoli.

Fig. 8. Derselbe hat sich in einen längsgestreckten Nucleus verwandelt, in dessen beiden Enden verdichtete Querscheiben aufgetreten sind, die Vorläufer der spaltförmigen Höhlen; daneben die Nucleoli.

Figg. 9 u. 10. Zwei aus den alten Nuclei hervorgegangene Kugeln; dieselben sind allmälig wieder lichter geworden. Nach Isolirung in Wasser.

Fig. 11. Conjugirtes Paar von *Bursaria truncatella.* Die rundlichen Nucleusbruchstücke schimmern durch (lebender Zustand).

Fig. 12. Conjugationszustand von *Bursaria truncatella* mit zerfallenem Nucleus (Essigsäurepräparat).

Figg. 13—15. Einige Nucleusbruchstücke stärker vergrössert (Essigsäurepräparate).

Fig. 16. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier von *Bursaria truncatella* (Essigsäurepräparat).

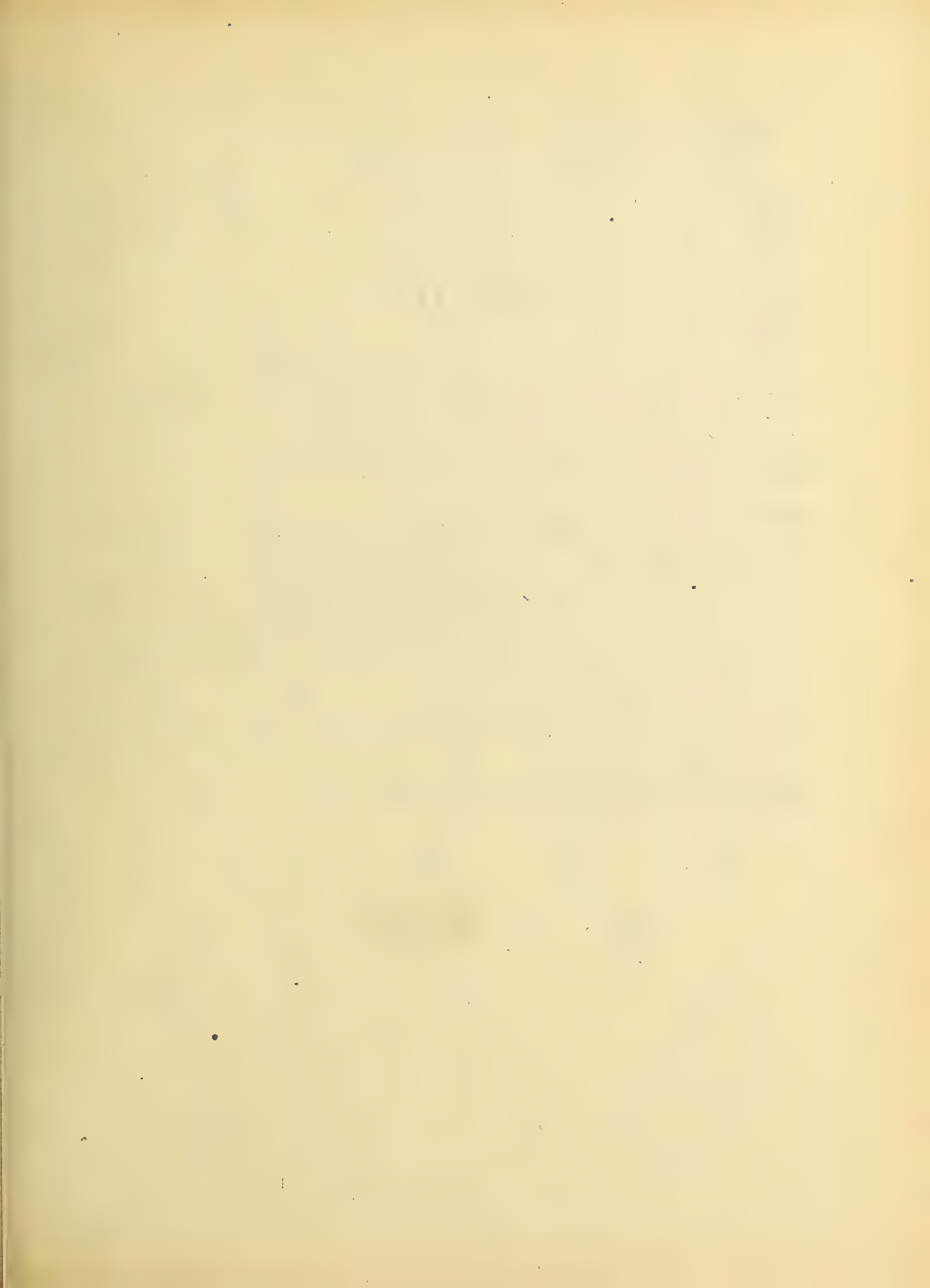
Fig. 17. *Bursaria truncatella*, gewöhnliches Thier. Meine Beobachtungen über die Organisation der *Bursaria* sind keineswegs in Uebereinstimmung mit denen Stein's (vergl. 68; p. 300), weshalb ich mir diese Abbildung der *Bursaria* zu geben erlaube. Der Hauptunterschied unserer Auffassungen betrifft den von Stein beschriebenen Längskanal mit seiner vorderen Erweiterung. Stein hält diese Einrichtung für das Analogon der contractilen Behälter anderer Infusorien und fasst namentlich die vordere Erweiterung als contractil auf. Ich finde nun, dass dieser vermeintliche Längskanal nichts weiter ist, als der optische Durchschnitt der rechten und hintern Seitenwand der so tiefen und weiten Peristomhöhle, wie die Abbildung zeigt. Hiermit stimmt auch überein, dass man auf den Stein'schen Figuren vergeblich nach einer Begrenzung der Peristomhöhle in den angegebenen Richtungen suchen dürfte. Die contractilen Vacuolen hingegen finde ich, wie es Claparède und Lachmann angegeben haben, durch das gesammte Parenchym der Thiere zerstreut. Bei conjugirten Thieren oder solchen, die aus der Conjugation hervorgegangen waren, konnte ich mich auf das bestimmteste von der Contractilität dieser zahlreichen kleinen Vacuolen überzeugen. Höchst interessant ist auch der Bau der verhältnissmässig so dicken Ectoplasmaschicht unserer Thiere, indem dieselbe durchaus faserig differenzirt erscheint und die Fasern senkrecht zur Oberfläche des Thieres stehen; in der That sind es jedoch, wie die genauere Betrachtung der Oberfläche der Thiere lehrt, nicht Fasern, die das Entoplasma durchsetzen, sondern dasselbe besitzt einen wabenartigen Bau, die verdichteten Wände der Waben repräsentiren sich im optischen Schnitt als Fasern. Eine derartige Structur des Zellenprotoplasma's erkannte ich früher schon an den Epidermiszellen des Pilidium's (vergl. Arch. f. Naturgesch. 1873. I. pag. 276), neuerdings sehr schön an den Epidermiszellen einer, wie mir scheint, bis jetzt noch nicht beschriebenen *Mesostomum*-Art. Dieselbe zeichnet sich durch die ganz auffallende Dicke der Epidermis aus, deren grosse Zellen sich schon im lebenden Zustand deutlich erkennen lassen und die geschilderte Structur vortrefflich zeigen.

Fig. 18. Eine Nucleoluskapsel aus dem Paar Fig. 11. Durchmesser = 0,013 Mm. (Essigsäurepräparat).

Figg. 19 u. 20. Zwei Nucleoli gewöhnlicher Beschaffenheit von *Bursaria truncatella* (nach Wassereinwirkung).







Tafel XII.

Figg. 1—18. Zur Conjugation von *Stylonichia Mytilus* O. F. Müller.

Figg. 1—8. Verschiedene Zustände der Umbildung der Nucleoli in conjugirten Thieren. 1—4 nach Essigsäurebehandlung, 5 und 7 im lebenden Zustand, 6 und 8 dieselben nach Einwirkung von Essigsäure (über den Zusammenhang dieser Formen vergl. im Text).

Fig. 9. Im Zerfall begriffener Nucleus während der Conjugation (Essigsäurepräparat).

Figg. 10—13. Verschiedene Conjugationszustände von *Stylonichia Mytilus* (Essigsäurepräparate). Das Nähere vergleiche im Text.

Fig. 14. Conjugationszustand gegen Ende der Conjugation. Eine der vier reducirten Nucleoluskapseln der Thiere ist im Hervorwachsen zu dem lichten Körper begriffen. Die vor und hinter dieser liegenden beiden Kapseln bilden sich zu Nucleoli zurück (Essigsäurepräparat).

Fig. 15. Paar kurz vor der Lösung der Syzygie. Die vier Nucleusbruchstücke haben sich zu dunkeln Kugeln verdichtet; der lichte Körper ist mehr herangewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 16. Ein Thier kurze Zeit nach Lösung der Syzygie; lichter Körper noch mehr ausgewachsen, daneben die Nucleoli und die vier Nucleuskugeln, die paarweise zusammengebacken sind. Daneben noch kleine, dunkle, wahrscheinlich aus der vierten Nucleoluskapsel hervorgegangene Kugel.

Fig. 17. Ausgeworfene, zusammengebackene Nucleuskugeln eines Thieres, damit noch eine fünfte Kugel (Nucleoluskapsel?) vereinigt.

Fig. 18. Ein Thier am sechsten Tage nach aufgehobener Conjugation. Der lichte Körper hat sich zu einem Nucleus umgebildet, der eine Nucleolus eigenthümlich vergrössert, vielleicht in Vorbereitung zur Theilung.

Fig. 19. Ein kleiner Nucleus einer zahlreiche Nuclei enthaltenden *Amoeba princeps* (nach Wassereinwirkung).

Fig. 20. Ein grosser Nucleus eine *Amoeba princeps* (nach Wassereinwirkung).






NATURAL HISTORY.



Tafel XIII.

Fig. 1. Conjugirtes Paar von *Blepharisma lateritia* mit Nucleoluskapsel-artigen Gebilden. Letztere und die Nuclei sind nach Behandlung mit Essigsäure gezeichnet.

Fig. 2. Ein Thier von *Blepharisma lateritia* ganz kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation mit zwei sehr deutlichen Nucleoluskapseln.

Fig. 3. Eiu Thier mehrere Stunden nach Lösung der Syzygie. Neben dem verkleinerten Nucleus sind zwei lichte Kugeln, welche je ein dunkles Körperchen enthalten, hervorgewachsen.

Fig. 4. Ein Thier am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation, die lichten Kugeln sehr herangewachsen; der Kern verschwunden (Essigsäurepräparat).

Fig. 5. Sehr geschrumpfter Kern eines Thieres vom zweiten Tag nach aufgehobener Conjugation (lebender Zustand).

Fig. 9. Conjugationszustand von *Cyrtostomum leucas* (Essigsäurepräparat).

Fig. 10. Ein aus der Conjugation hervorgeganges Thier von *Cyrtostomum leucas*. Nucleus verzweigt bandförmig ausgewachsen (Essigsäurepräparat).

Fig. 11. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier von *Cyrtostomum leucas* (etwa zehn Stunden nach aufgehobener Conjugation). Der Nucleus ist völlig in Bruchstücke zerfallen.

Fig. 12. Conjugationszustand von *Condylostoma Vorticella* Ehrbg. (lebender Zustand).

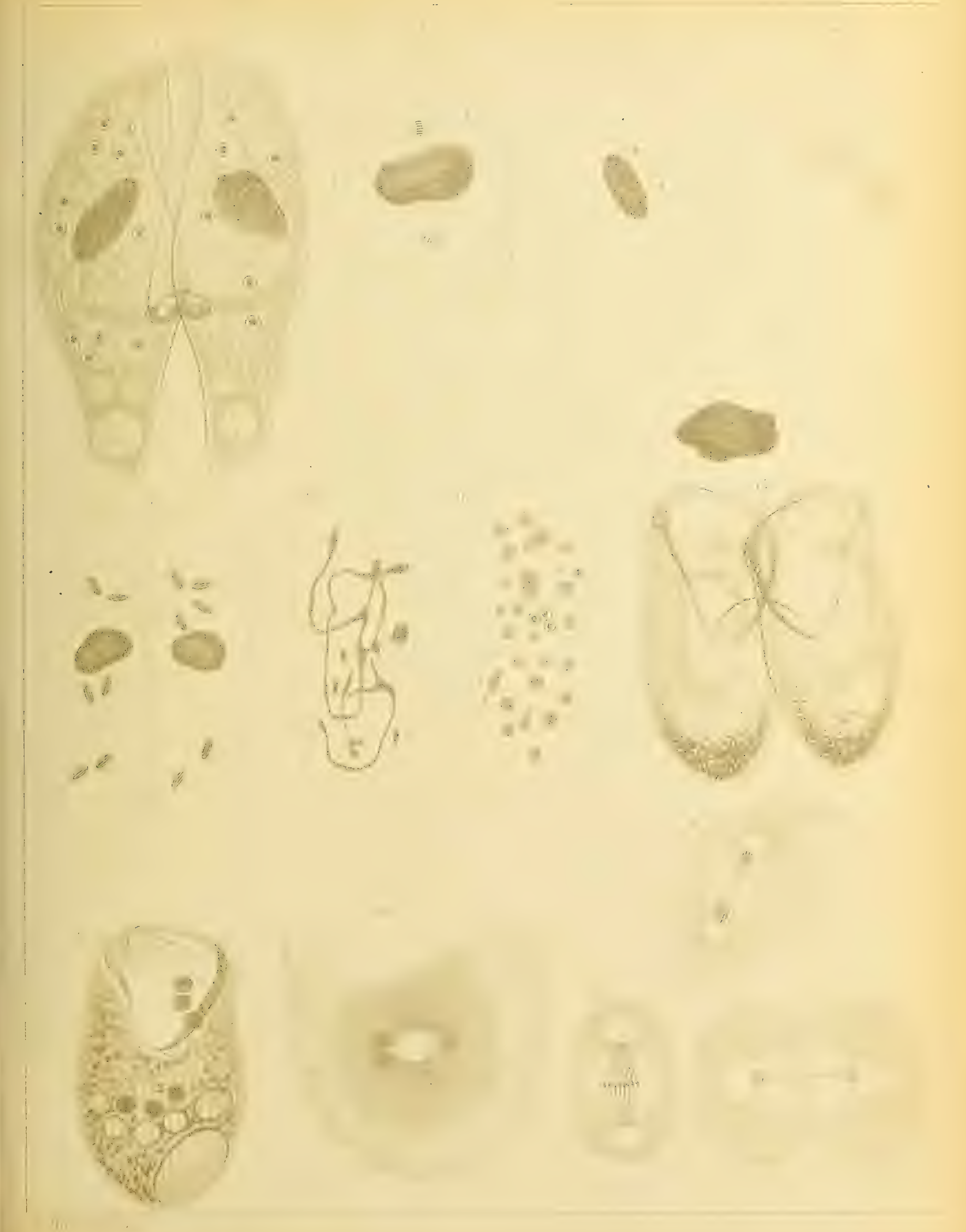
Fig. 13. Ein aus der Conjugation hervorgegangenes Thier von *Condylostoma Vorticella* mit in einzelne Kugeln zerfallenem Nucleus (lebender Zustand).

Fig. 14. Theil eines frühen Entwicklungsstadiums eines Eies von *Brachionus*. Der Kern einer der beiden grossen Entodermzellen in Metamorphose zur Kernspindel begriffen (lebender Zustand).

Fig. 15. Entodermzelle eines vorgerückteren Entwicklungsstadiums von *Brachionus* mit zur Kernspindel metamorphosirtem Kern (Essigsäurepräparat).

Fig. 16. Kleiner Theil eines Eies von *Brachionus*, sehr frühes Stadium; eine Furchungskugel in der Theilung weiter fortgeschritten, die Kernplattenhälften sind in die Kernenden gerückt (Essigsäurepräparate).

Fig. 17. Dotter von *Notommata Sieboldii* in zwei Furchungskugeln zerfallen. Die Differenzirung der Tochterkerne hat begonnen, dieselben sind noch durch einen schlecht sichtbaren, faserartigen Strang verknüpft (Essigsäurepräparat).




NATURAL HISTORY



Tafel XIV.

Figg. 1—3. Drei verschiedene Zustände von aus der Conjugation hervorgegangenen *Vorticella Campanula* Ehrbg. (vergl. hierzu den Text pag. 338 und den Anhang nebst dem Holzschnitt pag. 446); (Essigsäurepräparate).

Figg. 4—7. *Stentor coeruleus*, eigenthümliche ciliate, holotriche Infusorien (als Parasiten) in sich beherbergend. *n* Die Glieder der Nucleuskette, die sich hier aus ihrem Zusammenhang gelöst zu haben scheinen.

Fig. 4. Das Thier zu Beginn der Beobachtung, zwei ansehnliche Parasiten einschliessend.

Fig. 5. Eine halbe Stunde später: der grösste Parasit in Theilung.

Fig. 6. 1 ½ Stuuden nachher; jeder der Sprösslinge des Parasiten hat sich nochmals getheilt.

Fig. 7. Drei Stunden später; die Zahl der Theilsprösslinge des grossen Parasiten ist zu zehn herangewachsen.

Fig. 8. Parasitische Schizomyceten aus *Trilobus pellucidus* Bast. (vergl. pag. 360 des Textes).

Fig. 9. Parasitische Schizomyceten (vermeintliche Spermatozoën Joh. Müller's) aus dem Nucleus von *Paramaecium Aurelia*.

Fig. 10. Nucleus von *Loxodes Rostrum* (Essigsäurepräparat).

Figg. 11—14. Verschiedene Nuclei von *Actinosphaerium Eichhornii* (Essigsäurepräparate).







Tafel XV.

(Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme der Fig. 14, nach Essigsäurepräparaten entworfen. Letztere nach einem durch Zerfliessenlassen dargestellten Wasserpräparat.)

Fig. 1. Vorderes Ende einer Keimröhre von *Aphis rosae.* Das Pseudovum enthält einen in der Theilung schon weit fortgeschrittenen Kern. Von dem nach unten folgenden, schon weiter entwickelten Pseudovum ist noch ein Theil gezeichnet. Man bemerkt das kürzlich erst zur Ausbildung gekommene Blastoderm und den von ihm umhüllten Nahrungsdotter. In Letzterem tritt ein Kern deutlich hervor. Ich fand mehrfach drei in einer Reihe hintereinander liegende Kerne in dem Nahrungsdotter.

Fig. 2. Der in Theilung begriffene erste Kern des Pseudovums, Fig. 1 stärker vergrössert.

Fig. 3. Kern einer Blastodermzelle des Pseudovums von *Aphis rosae.*

Fig. 4. Kerne von *Stylonichia Mytilus* mit anliegenden Nucleoli.

Fig. 5. Nucleus und Nucleoli aus einem in Theilung begriffenen *St. Mytilus.* An dem Leibe des Thieres selbst war nur eine ganz seichte Einschnürung in der Mittelregion zu bemerken.

Fig. 6. Nuclei und Nucleoli von *St. Mytilus*, aus einem in der Theilung weiter fortgeschrittenen Exemplar. Der Leib des Thieres selbst war etwa schon zur Hälfte durchgeschnürt.

Zur Conjugation von *Parmaecium Aurelia* O. F. Müller.

Fig. 7. Nucleolus in normalem Zustand.

Figg. 8—10. Grosse, gekrümmte Nucleuskapseln.

Fig. 11. Eine in der Rückbildung zu einem Nucleolus begriffene Balbiani'sche Eikugel.

Fig. 12. Ein Thier kurz nach Aufhebung der Conjugation.

Fig. 13. Ein Thier einige Zeit nach aufgehobener Conjugation; Nucleus im Zerfall begriffen; die acht Nucleoluskapseln haben sich zu eigenthümlichen, körnigen Kugeln umgewandelt.

Fig. 14. Ein Thier am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation; vier Nucleoluskapseln sind zu ansehnlichen, lichten Kugeln herangewachsen; drei andere finden sich daneben noch als kleine, sehr reducirte Bläschen mit dunkelkörnigem Inhalt.

Fig. 15. Ein Thier am dritten Tag nach aufgehobener Conjugation; von den vier aus den Nucleoluskapseln hervorgegangenen, lichten Kugeln ist eine in Umwandlung zu einem Nucleolus begriffen.

Fig. 16. Ein Thier vom dritten Tag nach aufgehobener Conjugation. Zwei der lichten Kugeln (Fig. 14) haben sich zu in Theilung begriffenen Nucleoli rückgebildet, die beiden anderen dagegen sind zu nucleusartigen Körpern herangewachen.

Fig. 17*a* u. *b*. Die beiden Theilsprösslinge eines aus der Conjugation hervorgegangenen Thieres direct nach der Theilung am dritten Tage. Jedes der Thiere enthält die Anlage eines neuen Nucleus (vergl. Fig. 16) und zwei durch Theilung der in Fig. 16 gebildeten, neuen Nucleoli hervorgegangene Nucleoli.









Inhalt.



